

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-129914

(43)Date of publication of application : 19.05.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20

(21)Application number : 2004-281566

(71)Applicant : NIKON CORP

SENDAI NIKON:KK

(22)Date of filing : 28.09.2004

(72)Inventor : NAKAGAWA MASAHIRO

HAGIWARA TSUNEYUKI

EMURA NOZOMI

(30)Priority

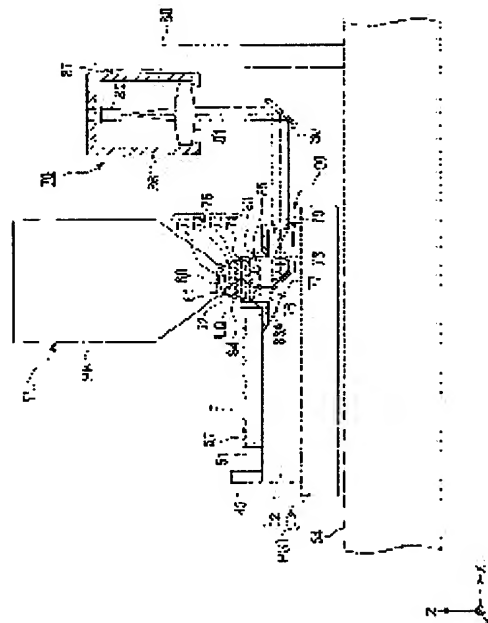
Priority number : 2003344938 Priority date : 02.10.2003 Priority country : JP

(54) ALIGNER AND EXPOSURE METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide aligner having a photoreceiver which excellently receives light via a projection optical-system.

SOLUTION: The aligner exposes a substrate P by irradiating exposure light onto the substrate P disposed at an image surface side of a projection optical-system PL via the projection optical-system PL and liquid LQ, and has a photoreceiver 90 for receiving light that has passed through the projection optical-system PL via a slit plate 75 having a slit 71 disposed at the image surface side of the projection optical-system PL. The liquid LQ is filled between an optical element 76 forming the photoreceiver 90 and the slit plate 75.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,
It has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section arranged at the image surface side of said projection optics,

The aligner characterized by filling the liquid between said electric eyes and said optical members.

[Claim 2]

The aligner according to claim 1 characterized by irradiating light at said electric eye where a liquid is filled between said projection optics and said optical members.

[Claim 3]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,
It has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section arranged at the image surface side of said projection optics,

The aligner characterized by filling the liquid between said electric eyes and said optical members.

[Claim 4]

Said electric eye is an optical element arranged in the location nearest to said optical member,
It has the photo detector which receives the light which passed said optical element,

The aligner of claim 1-3 characterized by filling the liquid between said optical elements and said optical members given in any 1 term.

[Claim 5]

Said electric eye has a photo detector,

The aligner of claim 1-3 characterized by filling the liquid between said photo detectors and said optical members given in any 1 term.

[Claim 6]

The aligner of claim 1-5 characterized by having the liquid feeder which supplies a liquid between said optical members and said electric eyes given in any 1 term.

[Claim 7]

The aligner of claim 1-6 characterized by having the liquid recovery system which collects the liquids between said optical members and said electric eyes given in any 1 term.

[Claim 8]

The aligner of claim 1-7 characterized by having the hole which opens the interior of space and the exterior between said optical members and said electric eyes for free passage given in any 1 term.

[Claim 9]

Said hole is an aligner according to claim 8 characterized by including the through hole prepared in the predetermined location of said optical member.

[Claim 10]

Said through hole is an aligner according to claim 9 characterized by preparing more than one in the location which counters on both sides of said light transmission section of said optical member.

[Claim 11]

Said through hole is an aligner according to claim 9 or 10 characterized by being prepared inside the immersion field of the liquid filled between said projection optics and said optical members.

[Claim 12]

Said hole is the aligner of claim 8-11 characterized by including the 2nd through hole prepared in the outside of the immersion field of the liquid filled between said projection optics and said optical members given in any 1 term.

[Claim 13]

It has the liquid feeder style which can supply a liquid between said projection optics and said substrates at the time of said exposure processing,

Said liquid feeder style is the aligner of claim 8-12 characterized by supplying a liquid to the space between said optical members and said electric eyes through said hole given in any 1 term.

[Claim 14]

It has the liquid recovery device in which the liquid between said projection optics and said substrates is recoverable, at the time of said exposure processing,

Said liquid recovery device is the aligner of claim 8-13 characterized by collecting the liquids of the space between said optical members and said electric eyes through said hole given in any 1 term.

[Claim 15]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,

It has the electric eye which has the photo detector which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section arranged at the image surface side of said projection optics,

Said photo detector is an aligner characterized by being in contact with said optical member.

[Claim 16]

The aligner given in claim 15 term characterized by irradiating light at said electric eye where a liquid is filled between said projection optics and said optical members.

[Claim 17]

The aligner of claim 1-16 characterized by irradiating light at said electric eye while moving said light transmission section relatively to the light through said projection optics given in any 1 term.

[Claim 18]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,

It has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section arranged at the image surface side of said projection optics,

The aligner characterized by preparing the through hole in the predetermined location of said optical member.

[Claim 19]

Said through hole is an aligner according to claim 18 characterized by preparing more than one in the location which counters on both sides of said light transmission section of said optical member.

[Claim 20]

The aligner according to claim 18 or 19 characterized by filling the liquid between said optical members and said electric eyes.

[Claim 21]

The aligner of claim 18-20 characterized by irradiating light at said electric eye where a liquid is filled between said projection optics and said optical members given in any 1 term.

[Claim 22]

Said through hole is the aligner of claim 18-21 characterized by being prepared inside the immersion field of the liquid filled between said projection optics and said optical members given in any 1 term.

[Claim 23]

The aligner of claim 18-22 characterized by preparing the 2nd through hole which opens the interior of space and the exterior between said optical members and said electric eyes for free passage in the outside of the immersion field of the liquid filled between said projection optics and said optical members given in any 1 term.

[Claim 24]

Claims 1-14 characterized by irradiating light through said liquid at said electric eye while moving said

optical member relatively to said projection optics, and the aligner of 18-23 given in any 1 term.

[Claim 25]

The aligner according to claim 12 or 23 characterized by having the recovery device in which the liquids which flow out of said 2nd through hole are collected.

[Claim 26]

Claim 9 characterized by having the lid device which opens and closes said through hole, and 18-25 are. An aligner a gap or given in 1 term.

[Claim 27]

Said lid device is an aligner according to claim 26 characterized by closing said through hole during the exposure processing to said substrate at least.

[Claim 28]

Said substrate is held and it has a movable substrate attachment component,

Said electric eye is the aligner of claim 1-27 characterized by being prepared in said substrate attachment component given in any 1 term.

[Claim 29]

Said electric eye is the aligner of claim 1-28 characterized by receiving the light through said light transmission section, and measuring the image formation property of said projection optics based on this light-receiving result given in any 1 term.

[Claim 30]

Said electric eye is the aligner of claim 1-28 characterized by measuring the optical exposure information which received the light through said light transmission section, and minded said projection optics based on this light-receiving result given in any 1 term.

[Claim 31]

Said electric eye is the aligner of claim 1-30 characterized by the removable thing to this aligner given in any 1 term.

[Claim 32]

The device manufacture approach characterized by manufacturing a device using the aligner of claim 1 - claim 31 given in any 1 term.

[Claim 33]

It is the exposure approach which exposes said substrate by irradiating exposure light on a substrate through projection optics. :

The light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section arranged at the image surface side of said projection optics is received by the electric eye.;

It includes exposing said substrate by irradiating exposure light on a substrate through projection optics.;

The exposure approach with which the liquid is filled between said electric eyes and said optical members.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the device manufacture approach at the aligner which exposes a substrate through projection optics and a liquid and the exposure approach, and a list.

[Background of the Invention]

[0002]

A semiconductor device and a liquid crystal display device are manufactured by the technique of the so-called photolithography which imprints the pattern formed on the mask on a photosensitive substrate. The aligner used at this photolithography process has the mask stage which supports a mask, and the substrate stage which supports a substrate, and it imprints the pattern of a mask to a substrate through projection optics, moving serially on a mask stage and a substrate stage. Moreover, these aligners have the photosensor (light sensing portion) which receives exposure light through projection optics, based on the output of these photosensors, various kinds of mechanical adjustments and optical adjustments are performed, or various kinds of operating conditions are determined, and the exposure actuation when actually exposing a substrate is optimized. Since it corresponds to much more high integration of a device pattern in recent years, the further high resolution-ization of projection optics is desired. The resolution of projection optics becomes so high that the numerical aperture of projection optics is so large that the exposure wavelength to be used is short. Therefore, exposure wavelength used with an aligner is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of projection optics is also increasing. And although the exposure wavelength of the current mainstream is 248nm of KrF excimer laser, no less than 193nm of the ArF excimer laser of short wavelength is being put further in practical use. Moreover, in case it exposes, the depth of focus (DOF) as well as resolution becomes important. Resolution R and the depth of focus delta are expressed with the following formulas, respectively.

$R = k_1 \lambda / NA$ -- (1)

$\Delta = k_2 \lambda / NA^2$ -- (2)

Here, the numerical aperture of projection optics, and k_1 and k_2 is [λ of exposure wavelength and NA] process multipliers. (1) In order to raise resolution R, when exposure wavelength λ is shortened and numerical aperture NA is enlarged from a formula and (2) types, it turns out that the depth of focus delta becomes narrow.

[0003]

When the depth of focus delta becomes narrow too much, it becomes difficult to make a substrate front face agree to the image surface of projection optics, and there is a possibility that the focal margins at the time of exposure actuation may run short. Then, the immersion method which considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially and making the depth of focus large, for example, is indicated by the following patent reference 1 is proposed. This immersion method expands the depth of focus by about n times while it improves resolution using filling between the inferior surface of tongue of projection optics, and substrate front faces with liquids, such as water and an organic solvent, forming an immersion field, and the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid being set to $1/n$ in air (n being usually 1.2 to about 1.6 at the refractive index of a liquid).

[Patent reference 1] International public presentation/[99th] No. 49504 pamphlet

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0004]

Since the above-mentioned photosensor (light sensing portion) has the light transmission section arranged at the image surface side of projection optics and is receiving light through the light transmission section, when the numerical aperture of projection optics increases and the incident angle (include angle which the beam of light and optical axis besides ** make) of exposure light becomes large by adoption of an immersion method etc., the flare of the light injected from the light transmission section also becomes large, and has a possibility that light cannot be received good.

[0005]

This invention is made in view of such a situation, and it aims at offering the aligner and the exposure approach of having the electric eye which can receive the light through projection optics good, and the device manufacture approach.

[Means for Solving the Problem]

[0006]

In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention has adopted the configuration of the following matched with drawing 1 shown in the gestalt of operation - drawing 26 . However, it does not pass over the sign with a parenthesis given to each element to instantiation of the element, and it does not limit each element.

[0007]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It has the electric eye (76 90) which receives the light which passed projection optics (PL) through the optical member (75) which has the light transmission section (71) arranged at the image surface side of projection optics (PL). It is characterized by filling the liquid (LQ) between an electric eye (76 90) and an optical member (75).

[0008]

In immersion exposure, in case the light which passed projection optics through the optical member arranged at the image surface side of projection optics is received by the electric eye, it is possible to irradiate light at an electric eye, where between projection optics and optical members is filled with a liquid, and to perform light-receiving actuation. According to this invention, the light which passed projection optics can be received good by the electric eye by filling a liquid also between the optical member and electric eye. That is, although the numerical aperture NA of projection optics improves by filling the space between projection optics and an optical member with a liquid, according to the numerical aperture NA of this projection optics, it is necessary to also change the numerical aperture NA of the optical system of an electric eye. If the numerical aperture NA of an electric eye is not raised according to the numerical aperture NA of projection optics, either, the situation that the light which passed projection optics cannot be incorporated good occurs, and it becomes impossible that is, to receive an electric eye good. Therefore, an electric eye can receive the light through projection optics good by filling a liquid and raising the numerical aperture NA of the optical system of an electric eye also between an optical member and an electric eye, when raising the numerical aperture NA of projection optics by filling a liquid between projection optics and an optical member.

[0009]

Here, with an optical member, all the things that have the light transmission section are contained.

[0010]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It has the electric eye (76 90) which receives the light which passed projection optics (PL) through the optical member (75) which has the light transmission section (71) arranged at the image surface side of projection optics (PL). It is characterized by filling the liquid (LQ) between an electric eye (76 90) and an optical member (75).

[0011]

According to this invention, between an optical member and an electric eye, the numerical aperture NA of the optical system of an electric eye can be improved, and light-receiving actuation can be performed good by filling a liquid. The application to the dry aligner exposed without minding the liquid other than the application to an immersion aligner is also possible for the configuration which fills a liquid between the optical member of this invention, and an electric eye.

[0012]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It has the photo detector (82) which receives the light which passed projection optics (PL) through the optical member (75) which has the light transmission section (71) arranged at the image surface side of projection optics (PL), and is characterized by the photo detector (82) being in contact with the optical member (71).

[0013]

According to this invention, when filling a liquid and raising the numerical aperture NA of projection optics substantially between projection optics and an optical member by arranging the photo detector of an electric eye so that an optical member may be touched, an electric eye can receive the light through projection optics good.

[0014]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It has the electric eye (76 90) which receives the light which passed projection optics (PL) through the optical member (75) which has the light transmission section (71) arranged at the image surface side of projection optics (PL), and is characterized by preparing the through hole (120 130) in the predetermined location of an optical member (75).

[0015]

Since the liquid between projection optics and an optical member is movable through a through hole by having prepared the through hole in the optical member according to this invention (it escapes), the difference of the pressure of the liquid between projection optics and an optical member and the pressure of the liquid between an optical member and an electric eye does not arise, and it does not produce unarranging -- an optical member bends. Moreover, since the liquid is movable and the big pressure fluctuation of the liquid between projection optics and an optical member is not produced through a through hole, either, inconvenient generating which fluctuates projection optics by the pressure fluctuation of a liquid (vibration) can be prevented.

[0016]

The device manufacture approach of this invention is characterized by using the aligner (EX) of the above-mentioned publication. Since an electric eye can receive the light through projection optics good according to this invention, where the optimal exposure conditions are set up based on the light-receiving result, accurate exposure processing can be performed, and the device which has the desired engine performance can be manufactured.

[0017]

Moreover, the exposure approach of this invention The optical member which has the light transmission section which is the exposure approach which exposes said substrate by irradiating exposure light on a substrate through projection optics, and has been arranged at the image surface side of the :aforementioned projection optics is minded. The exposure approach with which the liquid is filled between the; aforementioned electric eye and said optical member including exposing said substrate is offered by irradiating exposure light on a substrate through receiving the light which passed said projection optics by the electric eye, and; projection optics.

[0018]

Since the liquid is filled with this approach between the electric eye and the optical member, even if the numerical aperture of projection optics becomes large, the exposure light from the light transmission section can be received good.

[Effect of the Invention]

[0019]

Since the light through projection optics can be received good by the electric eye according to this invention, where the optimal exposure conditions are set up based on the light-receiving result, accurate exposure processing can be performed.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0020]

It explains referring to a drawing about the aligner concerning this invention hereafter. Drawing 1 is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner concerning this invention.

[0021]

The mask stage MST where Aligner EX supports Mask M in drawing 1 The illumination-light study

system IL which illuminates the mask M currently supported by the substrate stage PST which supports Substrate P, and the mask stage MST with the exposure light EL. The projection optics PL which carries out projection exposure of the pattern image of the mask M illuminated with the exposure light EL at the substrate P currently supported by the substrate stage PST. It is connected with the control unit CONT and control unit CONT which carry out generalization control of the actuation of the whole aligner EX, and has the storage MRY which memorized the various information about exposure processing. Furthermore, Aligner EX is equipped with the space image metering device 70 used for measurement of the image formation property (optical property) of projection optics PL. The space image metering device 70 is equipped with the electric eye 90 which receives the light (exposure light EL) which passed projection optics PL through the slit plate 75 which has the slit section 71 arranged at the image surface side of projection optics PL.

[0022]

The aligner EX of this operation gestalt is an immersion aligner which applied the immersion method, in order to shorten exposure wavelength substantially, and to make the depth of focus large substantially, while improving resolution, and it is equipped with the liquid feeder style 10 which supplies Liquid LQ on Substrate P, and the liquid recovery device 20 in which the liquids LQ on Substrate P are collected. Aligner EX forms the immersion (locally) field AR 2 in the part on the substrate P which includes the projection field AR 1 of projection optics PL with the liquid LQ supplied from the liquid feeder style 10, while imprinting the pattern image of Mask M on Substrate P at least. Aligner EX fills Liquid LQ between the optical element 60 by the side of the tip of projection optics PL (image surface side), and the front face of Substrate P, and, specifically, exposes this substrate P by irradiating the exposure light EL through this projection optics PL, and Liquid LQ and projection optics PL between Substrates P, and projecting the pattern image of Mask M on Substrate P.

[0023]

With this operation gestalt, carrying out a synchronized drive for being suitable (hard flow), as an aligner EX, the case where the scanning aligner (the so-called scanning stepper) which exposes a mutually different pattern [in / for Mask M and Substrate P / a scanning direction] formed in Mask M to Substrate P is used is made into an example, and it explains. Let [the direction which is in agreement with the optical axis AX of projection optics PL] a direction (non-scanning direction) perpendicular to X shaft orientations, Z shaft orientations, and X shaft orientations be Y shaft orientations for the direction of a synchronized drive of Mask M and Substrate P (scanning direction) in the following explanation in a flat surface perpendicular to Z shaft orientations and Z shaft orientations. Moreover, let the rotation (inclination) directions of the circumference of the X-axis, a Y-axis, and the Z-axis be thetaX, thetaY, and theta Z direction, respectively. In addition, a "substrate" here contains the reticle the "mask" had the device pattern by which contraction projection is carried out formed on a substrate including what applied the photoresist which is a photosensitive ingredient on the semi-conductor wafer.

[0024]

The illumination-light study system IL changes into the exposure light EL the flux of light (laser beam) LB injected from the light source 1, and illuminates the mask M currently supported by the mask stage MST with the exposure light EL. As an exposure light EL injected from the illumination-light study system IL, vacuum-ultraviolet light (VUV light), such as far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected, for example from a mercury lamp, and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. ArF excimer laser light is used in this operation gestalt.

[0025]

Pure water is used for Liquid LQ in this operation gestalt. Pure water can penetrate not only ArF excimer laser light but far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected from a mercury lamp.

[0026]

The light source 1 in this operation gestalt is an excimer laser which injects ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), and has turning on and off, main wavelength, spectral half-width, a repeat frequency of the laser luminescence, etc. controlled by the control unit CONT.

[0027]

The illumination-light study system IL is equipped with the beam plastic surgery optical system 2, the optical integrator 3, the illumination system aperture diaphragm plate 4, the relay optical system 6 and 8, fixed-mask-of-illuminator blind 7A, movable mask blind 7B, the mirror 9, and the condensing lens 30 grade. Although a fly eye lens is used as an optical integrator 3 with this operation gestalt, you may be a rod mold (internal reflection mold) integrator or a diffracted-light study component. In the beam plastic surgery optical system 2, in order to operate orthopedically so that incidence may be efficiently carried out to the optical integrator 3 in which the cross-section configuration of the laser beam LB by which pulse luminescence was carried out by the light source 1 was prepared behind [optical-path] this laser beam LB, the cylindrical lens, the beam expander, etc. are contained. The optical integrator (fly eye lens) 3 is arranged on the optical path of the laser beam LB injected from the beam plastic surgery optical system 2, and in order to illuminate Mask M by uniform illumination distribution, it forms the surface light source which consists of much point light sources (light source image), i.e., the secondary light source.

[0028]

Near the injection side focal plane of the optical integrator 3, the illumination system aperture-diaphragm plate 4 which consists of a disc-like member is arranged. It consists of the aperture diaphragm (usually diaphragm) and small circular opening which is an equiangular distance mostly, for example, becomes this illumination system aperture-diaphragm plate 4 from the usual circular opening, and the aperture diaphragm (small mho diaphragm) for making small the sigma value which is a coherence factor, the aperture diaphragm (zona-orbicularis diaphragm) of the shape of zona orbicularis for zona-orbicularis lighting, the deformation aperture diaphragm (quadrupole lighting diaphragm called SHRINC) that were made to carry out eccentricity of two or more openings to deformation light source methods, and have arranged are arranged. This illumination system aperture-diaphragm plate 4 rotates with the driving gears 31, such as a motor controlled by the control unit CONT, and, thereby, one of aperture diaphragms is alternatively arranged on the optical path of the exposure light EL.

[0029]

In addition, in this example, although the optical intensity distribution in the pupil surface of the illumination-light study system IL are adjusted using the illumination system aperture-diaphragm member 4, other optical system which is indicated by U.S. Pat. No. 6,563,567 may be used.

[0030]

On the optical path of the exposure light EL which passed the illumination system aperture diaphragm plate 4, the beam splitter 5 with large transmission with a small reflection factor is arranged, further, the mask blinds 7A and 7B are made to intervene on the optical path of this back, and relay optical system (6 8) is arranged. Fixed-mask-of-illuminator blind 7A is arranged in the field slightly defocused from the conjugation side over the pattern side of Mask M, and rectangle opening which specifies the lighting field IA on Mask M is formed. Moreover, movable mask blind 7B in which the location and width of face of a direction corresponding to the non-scanning direction (Y shaft orientations) which intersects perpendicularly with a scanning direction (X shaft orientations) and this near this fixed-mask-of-illuminator blind 7A have adjustable opening, respectively is arranged, and exposure of an unnecessary part is prevented by restricting the lighting field IA further through that movable mask blind 7B at the time of initiation of scan exposure, and termination. Moreover, movable mask blind 7B is used also for a setup of the lighting field in the case of the space image measurement mentioned later with this operation gestalt. On the other hand, on the optical path of the exposure light EL reflected by the beam splitter 5 in the illumination-light study system IL, sensibility is good at a condenser lens 32 and a far ultraviolet region, and in order to detect pulse luminescence of the light source 1, the integrator sensor 33 which consists of photo detectors, such as a PIN mold photodiode which has a high response frequency, is arranged.

[0031]

Thus, if an operation of the constituted illumination-light study system IL is explained briefly, after the cross-section configuration is orthopedically operated so that incidence may be carried out to the beam plastic surgery optical system 2 and incidence may be efficiently carried out to the back optical integrator 3 here, incidence of the laser beam LB by which pulse luminescence was carried out from the light source 1 will be carried out to the optical integrator 3. Thereby, the secondary light source is formed in the injection side focal plane (pupil surface of the illumination-light study system IL) of the optical integrator 3. After the exposure light EL injected from this secondary light source passes one on the illumination system aperture diaphragm plate 4 of aperture diaphragms, incidence of it is carried out

to the beam splitter 5 with a small reflection factor with large transmission. After the exposure light EL which penetrated this beam splitter 5 passes opening of the rectangle of fixed-mask-of-illuminator blind 7A, and movable mask blind 7B through the 1st relay lens 6, it passes the 2nd relay lens 8 and a mirror 9 bends an optical path at a perpendicular lower part. The exposure light EL which had the optical path bent by the mirror 9 illuminates the lighting field IA on the mask M held in the mask stage MST by uniform illumination distribution through a condensing lens 30.

[0032]

On the other hand, light is received by the integrator sensor 33 through a condenser lens 32, and the exposure light EL reflected by the beam splitter 5 is supplied to a control unit CONT through the signal processor with which the photo-electric-conversion signal of the integrator sensor 33 has non-illustrated a peak hold circuit and an A/D converter. With this operation gestalt, the measurement value of the integrator sensor 33 is used for light exposure control, and also it is used for count of the exposure to projection optics PL, and this exposure is used for calculation of the variation of the image formation property by illumination-light absorption of projection optics PL with a substrate reflection factor (it can also ask for this based on the output of an integrator sensor, and the output of a non-illustrated reflection factor monitor). With this operation gestalt, at the predetermined spacing, based on the output of the integrator sensor 33, an exposure is calculated by the control unit CONT, and the count result is memorized by Storage MRY as exposure hysteresis.

[0033]

A mask stage MST holds Mask M, is movable, for example, is fixing Mask M by vacuum adsorption (or electrostatic adsorption). the mask stage driving gear MSTD which non-contact support of the mask stage MST is carried out through the gas bearing (air bearing) which is non-contact bearing on the mask base 55, and contains a linear motor etc. -- the inside of a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- very small to movable and theta Z direction -- it is pivotable. And the mask stage MST has become movable about the mask base 55 top with the scan speed specified as X shaft orientations, and has the migration stroke of X shaft orientations to which the whole surface of Mask M can cross the optical axis AX of projection optics PL at least.

[0034]

The migration mirror 41 is formed on the mask stage MST. Moreover, the laser interferometer 42 is formed in the location which counters the migration mirror 41. The location of the two-dimensional direction of the mask M on a mask stage MST and the angle of rotation (depending on the case, the angle of rotation of thetaX and the direction of thetaY is also included) of theta Z direction are measured on real time by the laser interferometer 42, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT controls the location of the mask M currently supported by the mask stage MST by driving the mask stage driving gear MSTD based on the measurement result of a laser interferometer 42.

[0035]

Projection optics PL carries out projection exposure of the pattern of Mask M for the predetermined projection scale factor beta at Substrate P, it consists of two or more optical elements containing the optical element (lens) 60 prepared in the point by the side of Substrate P, and these optical elements are supported by Lens-barrel PK. In this operation gestalt, the projection scale factor beta of projection optics PL is the contraction system of 1/4 or 1/5. In addition, any of unit systems and an expansion system are sufficient as projection optics PL. Moreover, any of refractive media, a reflective system, and reflective refractive media are sufficient as projection optics PL.

[0036]

The optical element 60 of the point of the projection optics PL of this operation gestalt is held in the lens cel 62, and the lens cel 62 holding the optical element 60 and the point of Lens-barrel PK are connected by the linkage 61. The liquid LQ of the immersion field AR 2 contacts an optical element 60. The optical element 60 is formed with the fluorite. since compatibility of a fluorite with water is high -- liquid contact surface 60a of an optical element 60 -- Liquid LQ can be mostly stuck on the whole surface. That is, since he is trying for compatibility with liquid contact surface 60a of an optical element 60 to supply the high liquid(water) LQ in this operation gestalt, the adhesion of liquid contact surface 60a of an optical element 60 and Liquid LQ can be high, and can fill certainly the optical path between an optical element 60 and Substrate P with Liquid LQ. In addition, an optical element 60 may be a quartz with high compatibility with water. Moreover, hydrophilization (lyophilic-izing) processing is performed to liquid contact surface 60a of an optical element 60, and you may make it raise

compatibility with Liquid LQ more.

[0037]

The substrate stage PST holds Substrate P, is movable and is constituted including X-Y stage 53 and Z tilt stage 52 carried on X-Y stage 53. Non-contact support of X-Y stage 53 is carried out through the gas bearing (air bearing) which is the non-contact bearing which is not illustrated above the top face of the stage base 54. the substrate stage driving gear PSTD which X-Y stage 53 (substrate stage PST) is in the condition by which non-contact support was carried out to the top face of the stage base 54, and contains a linear motor etc. -- the inside of a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- minute to movable and theta Z direction -- it is pivotable. Z tilt stage 52 is carried on this X-Y stage 53, and the substrate holder 51 is carried on Z tilt stage 52. Substrate P is held by vacuum adsorption etc. with this substrate holder 51. Z tilt stage 52 is formed also in Z shaft orientations, the direction of thetaX, and the direction of thetaY movable by the actuator mentioned later. The substrate stage driving gear PSTD containing the above-mentioned actuator is controlled by the control unit CONT. The substrate stage PST performs positioning in X shaft orientations and Y shaft orientations of Substrate P while it controls the focal location (Z location) and tilt angle of Substrate P and doubles the front face of Substrate P with the image surface of projection optics PL by the automatic focus method and the auto leveling method.

[0038]

Moreover, on the substrate stage PST (substrate holder 51), the auxiliary plate 57 is formed so that Substrate P may be surrounded. The auxiliary plate 57 has the front face of the substrate P held at the substrate holder 51, and the flat surface of the almost same height. Also when exposing the edge field of Substrate P, Liquid LQ can be held under projection optics PL with the auxiliary plate 57.

[0039]

In addition, although the auxiliary plate 57 is formed only in the perimeter of the substrate holder 51, it can also arrange the auxiliary plate 57 also between the perimeter of the space image metering device 70, the substrate holder 51, and the space image metering device 70 so that the top face of the substrate stage PST may become almost flat-topped. By doing in this way, even if the top face of the space image metering device 70 is smaller than the immersion field AR 2, Liquid LQ can be held under projection optics PL with the auxiliary plate 57.

[0040]

The migration mirror 43 is formed on the substrate stage PST (Z tilt stage 52). Moreover, the laser interferometer 44 is formed in the location which counters the migration mirror 43. The location of the two-dimensional direction of the substrate P on the substrate stage PST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer 44, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT positions the substrate P currently supported by the substrate stage PST by driving the substrate stage driving gear PSTD which contains a linear motor etc. based on the measurement result of a laser interferometer 44.

[0041]

Moreover, Aligner EX is equipped with the focal detection system 45 which detects the location of the front face of the substrate P currently supported by the substrate stage PST (substrate holder 51). The focal detection system 45 is equipped with floodlighting section 45A which projects the flux of light for detection from the direction of slant through Liquid LQ on Substrate P, and light sensing portion 45B which receives the reflected light of said flux of light for detection reflected with Substrate P. The light-receiving result of the focal detection system 45 (light sensing portion 45B) is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT can detect the positional information of Z shaft orientations of a substrate P front face based on the detection result of the focal detection system 45. Moreover, thetaX of Substrate P and the inclination information on the direction of thetaY are detectable by projecting two or more flux of lights for detection from floodlighting section 45A. In addition, as a configuration of the focal detection system 45, what is indicated by JP,6-283403,A etc., for example can be used. In addition, the flux of light for detection can be projected on a substrate P front face as a focal detection system 45, without minding Liquid LQ on the outside of the immersion field AR 2, and what receives the reflected light can also be used.

[0042]

the substrate stage driving gear PSTD with which a control device CONT contains Z location mechanical components 56A-56C mentioned later so that a focal gap may serve as zero based on the focal gap signal (defocusing signal), for example, S curve signal, from light sensing portion 45B at the

time of scan exposure etc. -- minding -- the migration to Z shaft orientations of Z tilt stage 52 -- and an inclination (rotation of θ_X and the direction of θ_Y) is controlled two-dimensional. That is, a control device CONT performs the automatic focus and auto leveling which make the image formation side of projection optics PL, and the front face of Substrate P agree substantially by controlling migration of Z tilt stage 52 using the multipoint focus detection system 45.

[0043]

Moreover, near the tip of projection optics PL, the substrate alignment system 46 of an off axis method which detects the reference mark formed on the criteria member which is not illustrated [which was prepared on the alignment mark on Substrate P or the substrate stage PST] is formed. Moreover, near the mask stage MST, the mask alignment system 47 which detects the reference mark prepared in said criteria member through Mask M and projection optics PL is formed. With this operation gestalt, the alignment sensor of an image-processing method and the so-called FIA (Field Image Alignment) system are used as this alignment system. In addition, as a configuration of the substrate alignment system 46, what is indicated by JP,4-65603,A, for example can be used, and what is indicated by JP,7-176468,A can be used as a configuration of the mask alignment system 47.

[0044]

Drawing 2 is the enlarged drawing showing the liquid feeder style 10, the liquid recovery device 20, and projection optics PL. Projection optics PL is equipped with the optical elements 64a-64j of two or more sheets (here ten sheets) held at Lens-barrel PK, and the optical element 60 held at the lens cel 62 by the side of the image surface of projection optics PL (Substrate P side). The part 64a and 64b, for example, optical elements, is constituted [among the optical elements 64a-64j which constitute projection optics PL] by two or more driver elements (for example, piezo-electric element etc.) 63 possible [a minute drive] in the optical-axis AX direction and the inclination direction over XY side, respectively. Moreover, among optical elements 64d and 64e and among optical elements 64f and 64g, the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B made into the sealing condition, respectively are formed. A clean gas, for example, a dried air, is supplied to these 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B through the pressure-regulator style 66 from the gas supply device in which it does not illustrate.

[0045]

The pressure-regulator style 66 which adjusts the pressure (internal pressure) of the gas inside the driver voltage (the amount of drives of a driver element) given to each driver element 63 and 1st and 2nd sealing room 65A, and 65B is controlled by this operation gestalt by the image formation property control unit 67 according to the command from a control unit CONT, and the image formation property of projection optics PL, for example, a curvature of field, distortion, a scale factor, etc. are amended by this. In addition, only a movable optical element like optical element 64a may constitute, the number of the movable optical elements of the image formation property adjustment device in which this image formation property is adjusted is also arbitrary, and it is good. However, what is necessary is just to define the number of movable optical elements according to the class of image formation property to be amended, since the number of movable optical elements corresponds to the class which can amend the image formation property of projection optics PL except a focus in this case.

[0046]

Z tilt stage 52 is supported by three Z location mechanical components 56A, 56B, and 56C (however, Z location mechanical-component 56C by the side of the space back un-illustrating) by three points on X-Y stage 53. Three actuator (for example, voice coil motor etc.) 59A to which these Z location mechanical components 56A-56C drive independently each supporting point of Z tilt stage 52 inferior surface of tongue in the direction of an optical axis of projection optics PL (Z direction), 59B and 59C (however, actuator 59C by the side of the space back in drawing 2 un-illustrating), It is constituted including the encoders 58A, 58B, and 58C (however, encoder 58C by the side of the space back in drawing 2 un-illustrating) which detect the amount of drives of Z shaft orientations by Z location mechanical components 56A, 56B, and 56C of Z tilt stage 52 (variation rate from a criteria location). As encoders 58A-58C, linear encoders, such as optical or an electrostatic-capacity type, are used here, for example. The driving gear which drives Z tilt stage 52 with the above-mentioned actuators 56A, 56B, and 56C in the direction of θ_Y , the inclination direction, i.e., θ_X , to the field (XY side) which intersects perpendicularly with the optical-axis AX direction (Z shaft orientations) and an optical axis, consists of these operation gestalten. Moreover, Z location mechanical-component 56A of Z tilt stage 52 measured with Encoders 58A-58C, The amount of drives of Z shaft orientations of each supporting point by 56B and 56C (the variation rate from a reference point amount) is outputted to a control unit CONT.

A control unit CONT Based on the measurement result of the encoders 58A-58C, the location and the amount of leveling (thetaX rotation, thetaY rotation) of Z shaft orientations of Z tilt stage 52 are calculated.

[0047]

In a predetermined period including the time of exposure processing, Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P, it connected with the liquid feed zone 11 which can send out Liquid LQ, and the liquid feed zone 11 through the supply pipe 12, and the liquid feeder style 10 is equipped with the supply nozzle 13 which supplies the liquid LQ sent out from this liquid feed zone 11 on Substrate P. The supply nozzle 13 approaches the front face of Substrate P, and is arranged. The liquid feed zone 11 is equipped with the tank which holds Liquid LQ, the booster pump, etc., and supplies Liquid LQ on Substrate P through a supply pipe 12 and the supply nozzle 13. Liquid supply actuation of the liquid feed zone 11 is controlled by the control unit CONT, and its control unit CONT is controllable in the liquid amount of supply per [to the substrate P top by the liquid feed zone 11] unit time amount. In addition, Aligner EX does not necessarily need to be equipped with the tank of the liquid feeder style 10, the booster pump, etc., and they can also substitute at least for those parts a facility of the works in which Aligner EX is installed.

[0048]

The liquid recovery device 20 collects the liquids LQ between projection optics PL and Substrate P in a predetermined period including the time of exposure processing, and is equipped with the recovery nozzle 23 arranged by approaching the front face of Substrate P, and the liquid stripping section 21 connected to the recovery nozzle 23 through the recovery tubing 22. The liquid stripping section 21 is constituted including the vacuum system (aspirator) containing a vacuum pump, the tank which holds the collected liquid LQ, and the actuation is controlled by the control unit CONT. When the vacuum system of the liquid stripping section 21 drives, the liquids LQ on Substrate P are collected through the recovery nozzle 23. In addition, you may make it use the vacuum system of the works where Aligner EX is arranged as a vacuum system, without forming a vacuum pump in an aligner. Moreover, Aligner EX does not necessarily need to be equipped with the tank of the liquid recovery device 220, and a facility of the works in which Aligner EX is installed can also be substituted at least for those parts.

[0049]

In addition, it is desirable to specifically form the vapor-liquid-separation machine which separates the liquid LQ absorbed from the recovery nozzle 23 and a gas between the recovery nozzle 23 and a vacuum system in the middle of the recovery tubing 22. By the liquid stripping section (vacuum system) 21, in case suction recovery of the liquid LQ on Substrate P is carried out, since the situation of collecting Liquids LQ with the gas (air) of the perimeter may arise, by separating the liquid and gas which were collected from the recovery nozzle 23 with the vapor-liquid-separation vessel, Liquid LQ can flow into a vacuum system and inconvenient generating of the vacuum system breaking down can be prevented. The liquid LQ collected by the liquid stripping section 21 is discarded, for example, or is made clean, and is returned and reused by liquid feed zone 11 grade.

[0050]

In addition, the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are separated and supported to projection optics PL. Thereby, vibration produced by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 does not get across to projection optics PL.

[0051]

Drawing 3 is the top view showing physical relationship with the projection field AR 1 of the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20, and projection optics PL. The projection field AR 1 of projection optics PL serves as the shape of a long and slender rectangle (the shape of a slit) at Y shaft orientations, three supply nozzles 13A-13C are arranged at the +X side, and two recovery nozzles 23A and 23B are arranged at the -X side so that the projection field AR 1 may be inserted into X shaft orientations. And the supply nozzles 13A-13C are connected to the liquid feed zone 11 through a supply pipe 12, and the recovery nozzles 23A and 23B are connected to the liquid stripping section 21 through the recovery tubing 22. Moreover, the supply nozzles 16A-16C and the recovery nozzles 26A and 26B are arranged by the physical relationship turning around the supply nozzles 13A-13C and about 180 degrees of recovery nozzles 23A and 23B. The supply nozzles 13A-13C and the recovery nozzles 26A and 26B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 16A-16C and the recovery nozzles 23A and 23B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 16A-16C are connected to the liquid feed zone 11 through a supply pipe 15, and the recovery nozzles 26A and 26B

are connected to the liquid stripping section 21 through the recovery tubing 25.

[0052]

Drawing 4 is the outline block diagram showing the space image metering device 70 used for measurement of the image formation property (optical property) of projection optics PL. The space image metering device 70 is equipped with the electric eye 90 which receives the light which passed projection optics PL through the slit plate 75 which has the slit section 71 arranged at the image surface side of projection optics PL. The slit plate 75 is formed in Z tilt stage 52 by the side of the image surface of projection optics PL. The optical element 76 by which the electric eye 90 has been arranged in the Z tilt stage 52 interior in the location near the slit plate 75, The mirror 77 which bends the optical path of the light which passed the optical element 76, and the optical element 78 in which the light through a mirror 77 carries out incidence, The light transmission lens 79 which sends the light which passed the optical element 78 to the Z tilt stage 52 exterior, It was prepared in the Z tilt stage 52 exterior, and has the mirror 80 which bends the optical path of the light from the light transmission lens 79, the light-receiving lens 81 which receives the light which passed the mirror 80, and the photosensor (photo detector) 82 which consists of an optoelectric transducer which receives the light through the light-receiving lens 81.

[0053]

The slit plate 75 is equipped with the reflective film 73 which consists of aluminum prepared in parts other than light-shielding film 72 in around the plane view rectangle-like glass plate member 74, the light-shielding film 72 which consists of chromium prepared in the top-face center section of the glass plate member 74, and its light-shielding film 72 (i.e., the top face of the glass plate member 74), and the slit section 71 which is the opening pattern formed in a part of light-shielding film 72. In the slit section 71, the glass plate member 74 which is a transparence member is exposed, and light can penetrate the slit section 71.

[0054]

Heights 83 are formed in the location which adjoins the substrate holder 51 on the top face of Z tilt stage 52, and opening 84 is formed in the upper part of the heights 83. The slit plate 75 has become removable to the opening 84 of heights 83, and is inserted in from the upper part in the condition of plugging up the opening 84.

[0055]

As a formation ingredient of the glass plate member 74, good penetrable synthetic quartz or a penetrable good fluorite to ArF excimer laser light or KrF excimer laser light etc. is used. In addition, a refractive index [as opposed to 1.56 and KrF excimer laser light in the refractive index to the ArF excimer laser light of synthetic quartz] is about 1.51.

[0056]

The optical element 76 is arranged under the slit section 71 in the Z tilt stage 52 interior, and is held by the attachment component 85. The attachment component 85 holding an optical element 76 is attached in internal-surface 83A of heights 83. The light which passed the optical element 76 arranged to the Z tilt stage 52 interior passes an optical element 78, after being able to bend the optical path by the mirror 77. The light which passed the optical element 78 is sent out to the exterior of Z tilt stage 52 with the light transmission lens 79 currently fixed to the +X side side attachment wall of Z tilt stage 52. The light sent out to the Z tilt stage 52 exterior with the light transmission lens 79 is led to the light-receiving lens 81 by the mirror 80. The photosensor 82 arranged above the light-receiving lens 81 and its light-receiving lens 81 maintains position relation, and is contained by the case 86. The case 86 is being fixed near [which was established in the top face of the stage base 54 through the attachment member 87] the upper limit section of a stanchion 88.

[0057]

In addition, the mirror 77, the optical element 78, and the light transmission lens 79 grade are removable to Z tilt stage 52. Moreover, the stanchion 88 which supports the case 86 which contained the light-receiving lens 81 and the photosensor 82 is removable to the stage base 54.

[0058]

A detectable optoelectric transducer with a sufficient precision (photo detector), for example, a photomultiplier tube etc., (PMT, photomultiplier tube) is used for a photosensor 82 in a feeble light. The photo-electric-conversion signal from a photosensor 82 is sent to a control unit CONT through a signal processor.

[0059]

Drawing 5 is drawing showing the condition of measuring the image formation property of projection optics PL using the space image metering device 70. As shown in drawing 5, Liquid LQ is poured using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 between the optical element 60 by the side of the tip of projection optics PL (image surface side), and the slit plate 75 in the condition of having made projection optics PL and the slit plate 75 countering during measurement of the image formation property of projection optics PL. And the light (exposure light EL) which minded projection optics PL and Liquid LQ between the optical element 60 of projection optics PL and the slit plate 75 where Liquid LQ is filled is irradiated by the slit plate 75 which constitutes the space image metering device 70. Moreover, the field positional information of top-face 75A of the slit plate 75 at this time is detectable using the focal detection system 45.

[0060]

The important section expanded sectional view showing the slit plate 75 and about 76 optical element by which drawing 6 has been arranged to the heights 83 interior among the space image metering devices 70, and drawing 7 are the top views which looked at the slit plate 75 from the upper part. In addition, in drawing 6, the electric eye 90 is simplified and illustrated and only the optical element 76 arranged on the optical path of light at the location nearest to the slit plate 75 among two or more optical elements which constitute an electric eye 90, and a member, and the photosensor 82 which receives the light which passed the optical element 76 are illustrated. In the space image metering device 70 shown in drawing 6, Liquid LQ is filled between the slit plate 75 and the electric eye 90. In this operation gestalt, Liquid LQ is filled between the inferior surface of tongue of the slit plate 75 by which fitting is carried out to the opening 84 of heights 83, and the optical element 76 arranged in the location nearest to the slit plate 75 among two or more optical elements (optical member) arranged on the optical path of an electric eye 90. The optical element 76 is held in the lower part location of the slit plate 75 at the attachment component 85 attached in internal-surface 83A of heights 83, and Liquid LQ is filled in the space SP surrounded by the slit plate 75, the attachment component 85, and the optical element 76. In this operation gestalt, the optical element 76 is constituted by the plano-convex lens, turns the flat side up and is arranged. And inner base 85A of an attachment component 85 and top-face (flat side) 76A of an optical element 76 are almost flat-tapped. Moreover, an attachment component 85 is formed in a cross-sectional-view abbreviation facing-up U shape, lateral-surface 85B of the attachment component 85 and internal-surface 83A of heights 83 are close, and the seal members 91, such as an O ring, are formed between upper limit side (plane of composition with slit plate 75) 85C of an attachment component 85, and the slit plate 75. Un-arranging [which the liquid LQ filled in Space SP reveals outside by this] is prevented.

[0061]

The attachment component 85 holding the slit plate 75 and an optical element 76 is removable to internal-surface 83A of heights 83. In case an attachment component 85 is attached, from the opening 84 of heights 83, the attachment component 85 holding an optical element 76 is inserted in the heights 83 interior (the slit plate 75 is not attached at this time), and an attachment component 85 and internal-surface 83A of heights 83 are fixed by the non-illustrated holddown member. Subsequently, the slit plate 75 is inserted in opening 84. The attachment component 85 in case an attachment component 85 is removed, after removing the slit plate 75 from opening 84 on the other hand

What is necessary is just to draw out through opening 84.

[0062]

Moreover, Aligner EX is equipped with the liquid feeder 100 which supplies Liquid LQ to the space SP between the slit plate 75 and the optical element 76 of an electric eye 90, and the liquid recovery system 104 which collects the liquids LQ of the space SP. The feeder current way 102 linked to Space SP is formed in heights 83 and the wall by the side of +X of an attachment component 85, and the recovery passage 106 linked to Space SP is formed in the wall by the side of -X. Moreover, the end section of a supply pipe 101 is connected to the liquid feeder 100, and the other end of a supply pipe 101 is connected to the feeder current way 102 through the joint 103. The end section of the recovery tubing 105 is connected to the liquid recovery system 104, and the other end of the recovery tubing 105 is connected to the recovery passage 106 through the joint 107. Moreover, the bulbs 101A and 105A which open and close the passage in the middle of [each] a supply pipe 101 and the recovery tubing 105 are formed. Actuation of the liquid feeder 100, the liquid recovery system 104, and Bulbs 101A and 105A is controlled by the control unit CONT, and a control unit CONT is controlling these and performing the supply and recovery of Liquid LQ to Space SP, and fills Space SP with Liquid LQ.

[0063]

As shown in drawing 7 , the slit plate 75 is equipped with the reflective film 73 which consists of aluminum prepared in parts other than light-shielding film 72 in around the light-shielding film 72 which consists of chromium prepared in the top-face center section of the plane view rectangle-like glass plate member 74, and its light-shielding film 72 (i.e., the top face of the glass plate member 74), and the slit section 71 which is the opening pattern formed in a part of light-shielding film 72. In the slit section 71, the glass plate member 74 which is a transparence member is exposed, and light can penetrate the slit section 71. The slit section 71 is the slit of the shape of a rectangle which makes Y shaft orientations a longitudinal direction (the shape of a rectangle), and has predetermined width-of-face 2D.

[0064]

Next, the procedure which measures the image formation property of projection optics PL using the space image metering device 70 mentioned above is explained.

[0065]

It faces measuring a space image (projection image), a control device CONT moves on the substrate stage PST, and projection optics PL and the slit plate 75 are made to counter (that is, it changes into the condition which shows in drawing 5). And Liquid LQ is filled using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75. In parallel to this, a control unit CONT fills Liquid LQ between the optical element 76 of an electric eye 90, and the slit plate 75 using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 (or forward [the] or after). Here, in the following explanation, the immersion field formed with the liquid LQ filled between "the 1st immersion field LA 1", the slit plate 75, and the electric eye 90 (optical element 76) in the immersion field formed of LQ filled between projection optics PL and the slit plate 75 is suitably called "the 2nd immersion field LA 2."

[0066]

The mask M equipped with the measurement mark mentioned later is supported by the mask stage MST at the time of measurement of a space image. A control unit CONT illuminates Mask M with the exposure light EL by the illumination-light study system IL. The light (exposure light EL) through the liquid LQ of said measurement mark, projection optics PL, and the 1st immersion field LA 1 is irradiated by the slit plate 75. Incidence of the light which passed the slit section 71 of the slit plate 75 is carried out to an optical element 76 through the liquid LQ of the 2nd immersion field LA 2.

[0067]

Since the numerical aperture NA of projection optics improves with the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 of projection optics PL and the slit plate 75, if the numerical aperture NA of the optical element 76 of an electric eye 90 is not raised according to the numerical aperture NA of projection optics PL, either, it becomes impossible for an optical element 76 to incorporate the light which passed projection optics PL good (all), and to receive light good. Then, the optical element 76 of an electric eye 90 can incorporate the light through projection optics PL good by filling Liquid LQ and raising the numerical aperture NA of the optical element 76 of an electric eye 90 also between the slit plate 75 and the optical element 76 of an electric eye 90, when raising the numerical aperture NA of projection optics PL like this operation gestalt by filling Liquid LQ between projection optics PL and the slit plate 75.

[0068]

An optical element 76 condenses the light through the 2nd immersion field LA 2. The light condensed by the optical element 76 is drawn by the exterior of the substrate stage PST through a mirror 77, an optical element 78, and the light transmission lens 79. And the light drawn by the exterior of the substrate stage PST has an optical path bent by the mirror 80, and is received by the photosensor 82 through the light-receiving lens 81, and the photo-electric-conversion signal (quantity of light signal) according to the light income is outputted to a control unit CONT through a signal processor from the photosensor 82.

[0069]

Since measurement of the projection image (space image) of a measurement mark is performed by the slit scan method, with this operation gestalt, the light transmission lens 79 will move to the light-receiving lens 81 and a photosensor 82 in that case, so that it may mention later. So, in the space image metering device 70, the magnitude of each lens and a mirror 80 is set up so that all the light through the light transmission lens 79 which moves within the limits of predetermined may carry out incidence to the light-receiving lens 81.

[0070]

In the space image metering device 70, since the photosensor 82 is formed in the predetermined location of the exterior of the substrate stage PST, it is controlled in the range in which the effect affect the measurement precision of the laser interferometer 44 resulting from generation of heat of a photosensor 82 etc. is possible. Moreover, since the exterior and the interior of the substrate stage PST are not connected by a light guide etc., the drive precision of the substrate stage PST is not influenced like [when the exterior and the interior of the substrate stage PST are connected by the light guide]. Of course, when the effect of heat etc. can be disregarded or eliminated, a photosensor 82 may be formed in the interior of the substrate stage PST. That is, the part may be prepared in the substrate stage PST among two or more optical elements and the photo detectors which constitute an electric eye 90, and all may be prepared in the substrate stage PST.

[0071]

In this operation gestalt, the liquid LQ used for "the 1st immersion field LA 1" and the "2nd immersion field LA 2" may use a class which may use the liquid of the same kind or is different, especially the liquid with which refractive indexes differ to exposure light. It is suitable for especially the liquid used for "the 1st immersion field LA 1" to choose in consideration of NA or the refractive index of an optical element prepared at the tip of projection optics, and, on the other hand, the liquid used for "the 2nd immersion field LA 2" can be chosen in consideration of the refractive index of the glass plate member 74, and/or the dimension and refractive index of an optical element 76.

[0072]

In addition, although the example which applied the space image metering device 70 which filled Liquid LQ with this operation gestalt between the slit plate 75 and the electric eye 90 (optical element 76) to the immersion aligner was explained, the space image metering device 70 (electric eye 90) concerning this invention is applicable also about the dry aligner (usually aligner) exposed without filling Liquid LQ between projection optics PL and Substrate P. In case a space image is measured in a dry aligner The ** which does not fill Liquid LQ with the condition of having made projection optics PL and the slit plate 75 countering, between projection optics PL and the slit plate 75, Where Liquid LQ is filled between the slit plate 75 and the optical element 76 of an electric eye 90, the exposure light EL which minded projection optics PL (where the 2nd immersion field LA 2 is formed without forming the 1st immersion field LA 1) is irradiated by the slit plate 75. Since the optical element 76 of an electric eye 90 improves numerical aperture NA with the liquid LQ filled between the slit plate 75 and the optical element 76, it can receive light good also in a dry aligner equipped with projection optics with large (for example, $NA > 0.9$) numerical aperture NA. Moreover, even if it, for example, makes the optical element 76 of an electric eye 90 close to the slit plate 75, the light which passed projection optics PL can be received good, and the effectiveness that the electric-eye 90 whole is miniaturizable is acquired.

[0073]

In addition, the configuration of filling Liquid LQ with this operation gestalt to Space SP at the time of manufacture of Aligner EX, without using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 although Liquid LQ is filled with performing supply and recovery of Liquid LQ using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 to the space SP between the slit plate 75 and an optical element 76 is also possible. in this case -- for example, the exchange which removed the slit plate 75 from heights 83 (Z tilt stage 52), and you may make it exchange the liquid LQ of Space SP periodically, and was excellent in shelf life as a liquid LQ -- an unnecessary liquid may be used. On the other hand, it is possible to fill the liquid LQ always fresh (for it to be pure) to Space SP with performing supply and recovery of Liquid LQ using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104. In addition, liquid supply actuation of the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 and liquid recovery actuation may be stopped during measurement of the space image metering device 70. Moreover, in case the attachment component 85 which held the slit plate 75 and the optical element 76, for example is removed from heights 83 (Z tilt stage 52), after the liquid recovery system 104 recovers the liquid LQ of Space SP, an attachment-and-detachment activity can be done by removing the attachment component 85 holding the slit plate 75 or an optical element 76, without leaking Liquid LQ.

[0074]

in addition, the ** which does not fill Liquid LQ between the slit plate 75 and an electric eye 90 (optical element 76) -- between the slit plate 75 and electric eyes 90 (optical element 76) -- Liquid LQ and abbreviation -- the light transmission nature member (an optical member, glass member) which has the same refractive index may be arranged. As such a light transmission nature member, a quartz and a fluorite are mentioned, for example. The liquid LQ in this operation gestalt is pure water, and the

refractive index of the pure water to ArF excimer laser light is called about 1.44. On the other hand, the refractive index of the quartz to ArF excimer laser light is called about 1.56. Therefore, the light transmission member which consists of a quartz between the slit plate 75 and an optical element 76 may be arranged instead of forming the 2nd immersion field LA 2 with Liquid (pure water) LQ.

[0075]

Hereafter, it explains, referring to drawing 5 etc. about an example of space image measurement actuation using the space image metering device 70. As mentioned above, drawing 5 is drawing showing the condition of measuring the space image. The thing in which the measurement mark of dedication was formed etc. is used for the mask for device manufacture used for the thing only for space image measurement, or manufacture of a device as a mask M at the time of space image measurement. Moreover, the mark plate (fiducial mark plate) of the immobilization which consists of a mask and a glass ingredient of this quality of the material may be formed in a mask stage MST instead of these masks, and what formed the measurement mark in this mark plate may be used.

[0076]

The mark PMx for measurement the ratio (duty ratio) of the width of face of the Rhine section which has periodicity, and the width of face of the tooth-space section becomes [mark] X shaft orientations from Rhine of 1:1 and a tooth-space (last shipment) mark at a position, and the measurement mark PMy the duty ratio which has periodicity becomes [mark] Y shaft orientations from the last shipment mark of 1:1 approach mutually, and is formed in Mask M. These measurement marks PMx and PMy consist of a Rhine pattern of the same line breadth. Moreover, as shown in the slit plate 75 which constitutes the space image metering device 70 at drawing 8 (a), slit section 71y of predetermined width-of-face 2D prolonged in slit section 71x and X shaft orientations of predetermined width-of-face 2D prolonged in Y shaft orientations is formed by position relation as shown in drawing 8 (a). Thus, although two or more slit sections 71x and 71y etc. are formed in the slit plate 75 in fact, on behalf of these slit section, it is illustrated by drawing 1 - drawing 7 as the slit section 71.

[0077]

For example, movable mask blind 7B shown in drawing 1 by the control device CONT is driven through a non-illustrated blind driving gear in measurement of the space image of the measurement mark PMx, and it is restricted to the predetermined field to which the lighting field of the exposure light EL contains a measurement mark PMx part. If luminescence of the light source 1 is started by the control unit CONT and the exposure light EL is irradiated by the measurement mark PMx in this condition, the light (exposure light EL) diffracted and scattered about by the measurement mark PMx will be refracted according to projection optics PL, and the space image (projection image) of the measurement mark PMx will be formed in the image surface of projection optics PL. At this time, the substrate stage PST shall be established in the location where space image PMx' of the measurement mark PMx is formed in the +X side (or the -X side) of slit section 71x on the slit plate 75, as shown in drawing 8 (a).

[0078]

And as the substrate stage PST is shown by the arrow head Fx in drawing 8 (a) with the basis of directions of a control device CONT, and the substrate stage driving gear PSTD, when it drives in the direction of +X, slit section 71x are scanned by X shaft orientations to space image PMx'. During this scan, the light (exposure light EL) which passes slit section 71x is received with a photosensor 82 through the mirror 80 and the light-receiving lens 81 of the light-receiving optical system in the substrate stage PST (Z tilt stage 52), and the substrate stage PST exterior, and that photo-electric-conversion signal is supplied at a signal processor. In a signal processor, predetermined processing is performed to the photo-electric-conversion signal, and the signal on the strength [optical] corresponding to space image PMx' is supplied to a control unit CONT. In addition, in order to suppress the effect by dispersion in the luminescence reinforcement of the exposure light EL from the light source 1 with a signal processor in this case, the signal which standardized the signal from a photosensor 82 with the signal of the integrator sensor 33 shown in drawing 1 is supplied to a control unit CONT. An example of the photo-electric-conversion signal (signal on the strength [optical]) acquired in the case of the above-mentioned space image measurement is shown in drawing 8 (b).

[0079]

In addition, a measurement mark can be suitably defined according to an image formation property, measurement precision, etc. not only an above-mentioned mark but for measurement.

[0080]

When measuring the space image of the measurement mark PMy, the photo-electric-conversion signal

(signal on the strength [optical]) corresponding to the space image of the measurement mark PMy can be acquired by establishing the substrate stage PST in the location where the space image of the measurement mark PMy is formed in the +Y side (or the -Y side) of slit section 71y on the slit plate 75, and performing measurement by the same slit scan method as the above.

[0081]

The measurement for acquiring image formation property coordinating information etc. is faced. First, driving every one optical elements 64a and 64b of projection optics PL in the case of initial adjustment. Moreover, changing every one pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B the focus of projection optics PL, and other predetermined image formation properties (for example, a curvature of field --) At least one of many aberration, such as a scale factor, distortion, comatic aberration, and spherical aberration. As it mentions later, it measures using the space image metering device 70, and the amount of drives of optical elements 64a and 64b and the image formation property variation to the pressure variation in the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B are calculated.

[0082]

Hereafter, the detection approach of the best focus location of projection optics PL is explained as an example of measurement actuation of an image formation property. In this case, a usual diaphragm of the illumination system aperture-diaphragm plate 4 shall be chosen as a prerequisite, and lighting conditions shall usually be set up as lighting conditions. The mask M which had the measurement mark PMx (or PMy) which consists of line breadth of 1 micrometer and a last shipment pattern of 50% of duty ratio formed is used for detection of a best focus location. First, Mask M is loaded to a mask stage MST by non-illustrated loader equipment. Next, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MST in a mask stage MST so that the measurement mark PMx on Mask M may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only the measurement mark PMx part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at Mask M, and it performs space image measurement of the measurement mark PMx with a slit scan method like the above-mentioned using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to X shaft orientations. Under the present circumstances, a control device CONT memorizes a multiple-times repeat and the signal (photo-electric-conversion signal) of each time on the strength [optical] for space image measurement of the measurement mark PMx to Storage MRY, changing the location (namely, location of Z tilt stage 52) of Z shaft orientations of the slit plate 75 by the predetermined step pitch through the substrate stage driving gear PSTD. In addition, change of the location of Z shaft orientations of the above-mentioned slit plate 75 is performed by controlling Actuators 59A, 59B, and 59C based on the measurement value of the encoders 58A, 58B, and 58C of Z tilt stage 52. And a control unit CONT carries out the Fourier transform of two or more signals (photo-electric-conversion signal) on the strength [optical] acquired by said repeat, respectively, and searches for the contrast which is the gain of each primary frequency component and zero-order frequency component. And a control device CONT detects Z location (namely, location of Z shaft orientations of the slit plate 75) of Z tilt stage 52 corresponding to the signal on the strength [optical] with which that contrast serves as max, and determines this location as a best focus location of projection optics PL. Since contrast changes sensitively according to a focal location (the amount of defocusing), it can measure the best focus location of projection optics PL often [precision] and easily (decision). A control device CONT performs the focal calibration which is resetting (proofreading) of the detection zero (detection origin/datum) of the focal detection system 45 based on the best focus location for which it asked. Thereby, the predetermined side on the substrate stage PST (for example, a substrate P front face or slit plate 75 front face) can be henceforth positioned in a location [****] optically with the datum level of Mask M by the focal detection system 45.

[0083]

In addition, although the amplitude of the frequency component of the secondary high order more than real number is generally small and the amplitude to an electric noise and an optical noise may fully be unable to be taken, in being satisfactory in respect of a S/N ratio (signal-noise ratio), even if it observes change of the gain of a high order frequency component, it can ask for a best focus location. In addition, detection of a best focus location is possible not only by the approach using the contrast mentioned above but the technique of detecting Z location (focal location) where the differential value of a signal on the strength [optical] serves as max.

[0084]

Moreover, although how (slit scan method) to make the slit section 71 (slit plate 75) scan in the predetermined direction within XY flat surface was explained when measuring the best focus location of projection optics PL here Form the space image of measurement marks, such as an isolated line mark, on the image surface of projection optics PL, and to this space image, the slit section 71 (slit plate 75) so that a relative scan may be carried out in the optical-axis AX direction (Z shaft orientations) The slit plate 75 (Z tilt stage 52) may be scanned in accordance with Z shaft orientations in the predetermined stroke range centering on a best focus location (scan). And it asks for a best focus location based on the signal on the strength [optical] at that time (peak value). In this case, it is desirable to use the measurement mark used as a dimension whose space image of a measurement mark corresponds with the configuration of the slit section 71 (71x or 71y) mostly on the image surface, and a configuration. If such space image measurement is performed, a signal on the strength [optical] as shown in drawing 9 can be acquired. In this case, by finding the location of the peak of the signal wave form of this signal on the strength [optical] directly, it is good also considering Z location of that point as a best focus location Z0, or a signal on the strength [optical] is sliced with the predetermined slice level line SL, and it is good also considering Z location of the middle point of two intersections of a signal on the strength [optical] and the slice level line SL as a best focus location Z0. Anyway, by this approach, since a best focus location is detectable only by scanning the slit plate 75 once to Z shaft orientations, a throughput can be improved.

[0085]

Next, the detection approach of the image surface configuration (curvature of field) of projection optics PL is explained as an example of measurement actuation of an image formation property. On the occasion of detection of this curvature of field, the mask M1 which had the measurement marks PM1-PMn of the same dimension [as said measurement mark PMx] same period formed in pattern space PA as shown in drawing 10 as an example is used. After a mask M1 is loaded to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the measurement mark PMk which exists in the center of a mask M1 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. That is, positioning to the reference point of a mask M1 is performed. When positioning to this reference point is performed, all the measurement marks PM1-PMn shall be located in the visual field of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only measurement mark PM1 part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M1, detects space image measurement of the measurement mark PM 1, and the best focus location of projection optics PL using the space image metering device 70 with a slit scan method like the above-mentioned, and memorizes that result to Storage MRY. After detection of the best focus location using the measurement mark PM 1 is completed, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only measurement mark PM2 part. In this condition, a slit scan method detects space image measurement of the measurement mark PM 2, and the best focus location of projection optics PL like the above, and that result is memorized to Storage MRY. Henceforth, like the above, changing a lighting field, about the measurement marks PM3-PMn, it repeats detection of space image measurement and the best focus location of projection optics PL, and a control unit CONT performs it. And a control device CONT computes the curvature of field of projection optics PL by performing a predetermined statistical procedure based on each best focus locations Z1, Z2, --, Zn obtained by these.

[0086]

Moreover, in case the spherical aberration of projection optics PL is detected, the mask M2 shown in drawing 11 is used. The measurement marks PM1 and PM2 of the direction of a Y-axis in pattern space PA of the mask M2 shown in drawing 11 which is two predetermined distance ***** mostly at X shaft orientations are formed in the center. The measurement mark PM 1 is the last shipment pattern of the same dimension [as the measurement mark PMx mentioned above] same period. Moreover, the measurement mark PM 2 is the last shipment pattern located in a line with X shaft orientations the period (for example, about 1.5 to 2 times of the period (mark pitch) of the measurement mark PM 1) from which the Rhine pattern of the same dimension as the measurement mark PMx differs. After loading a mask M2 to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the measurement mark PM 1 on a mask M2 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be

irradiated by only measurement mark PM1 part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M2, like the above-mentioned, detects space image measurement of the measurement mark PM 1, and the best focus location of projection optics PL using the space image metering device 70 with a slit scan method, and memorizes that result to Storage MRY. After detection of the best focus location using the measurement mark PM 1 is completed, a control unit CONT carries out predetermined distance migration of the mask stage MST in the direction of -X through the mask stage driving gear MSTD so that the exposure light EL may be irradiated by the measurement mark PM 2. In this condition, like the above, a slit scan method detects space image measurement of the measurement mark PM 2, and the best focus location of projection optics PL, and that result is memorized to Storage MRY. Based on a difference with each best focus locations Z1 and Z2 obtained from these, a control unit CONT computes the spherical aberration of projection optics PL by the operation.

[0087]

Moreover, in case the scale factor and distortion of projection optics PL are detected, the mask M3 shown in drawing 12 is used. A total of five measurement marks BM1-BM5 which consist of square marks of 120-micrometer angle (it is 30-micrometer angle in one 1/4 time the projection scale factor of this on the slit plate 75) are formed in the parts of the core of pattern space PA of the mask M3 shown in drawing 12, and four corners. After loading a mask M3 to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the core of the measurement mark BM 1 which exists in the center on a mask M3 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. That is, positioning to the reference point of a mask M3 is performed. Where positioning to this reference point is performed, all the measurement marks BM1-BM5 shall be located in the visual field of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that only a somewhat larger rectangle field part than the measurement mark BM 1 whose exposure light EL includes the measurement mark BM 1 may irradiate. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M3. Thereby, the space image of the measurement mark BM 1, i.e., the mark image of the shape of a square of about 30-micrometer angle, is formed. In this condition, a control device CONT performs space image measurement of the measurement mark BM 1 using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to X shaft orientations through the substrate stage driving gear PSTD, and memorizes the signal on the strength [optical] acquired by that measurement to Storage MRY. Next, a control unit CONT asks for the image formation location of the measurement mark BM 1 based on the acquired signal on the strength [optical] by the well-known technique of phase detection or the well-known technique of edge detection. While asking for the sum for a product, for example, one period, with the sine wave used as the same standard of frequency as the primary frequency component (it can be considered that this is a sine wave) and this which are obtained as the technique of phase detection here by, for example, carrying out the Fourier transform of the signal on the strength [optical], it asks for the sum for a product with the cosine wave used as the criteria of the same period as said primary frequency component and this, for example, one period. And the general method of searching for the phase contrast over the reference signal of a primary frequency component, and asking for the X location x_1 of the measurement mark BM 1 based on this phase contrast can be used by asking for the inverse sine (arc tangent) of the quotient obtained by doing the division of the obtained sums. Moreover, the technique of edge detection using a slice method which computes the location of the edge of the space image corresponding to each photo-electric-conversion signal as the technique of edge detection based on the intersection of a signal on the strength [optical] and predetermined slice level, respectively can be used. Next, a control device CONT performs space image measurement of the measurement mark BM 1 using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to Y shaft orientations, and memorizes the signal on the strength [optical] acquired by the measurement to Storage MRY. And it asks for the Y location y_1 of the measurement mark BM 1 by technique, such as the same phase detection as the above. And a control unit CONT amends the location gap to the optical-axis core of a mask M3 based on the coordinate location (x_1 , y_1) of the obtained measurement mark BM 1. After amendment of a location gap of the above-mentioned mask M3 is completed, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that only a somewhat larger rectangle field part than the measurement mark BM 2 whose exposure light EL includes the measurement mark BM 2 may irradiate. In this condition, like the above, a slit scan method performs space image measurement of the measurement mark BM 2, and measurement of XY location,

and that result is memorized to Storage MRY. Henceforth, changing a lighting field, about the measurement marks BM3-BM5, it repeats measurement of a space image, and measurement of XY location, and a control unit CONT performs them. Based on the coordinate value (x2, y2) of the measurement marks BM2-BM5 obtained by this, (x3, y3), (x4, y4), and (x5, y5), a control device CONT computes at least the scale factor of projection optics PL, and one side of distortion by performing a predetermined operation.

[0088]

In the above, the procedure which measures the best focus location of projection optics PL, a curvature of field, spherical aberration, a scale factor, and distortion, using the space image metering device 70 as an example was explained. In addition, a predetermined measurement mark can be used and the space image metering device 70 can be measured also about other image formation properties, such as comatic aberration.

[0089]

Thus, light is irradiated by the electric eye 90 (optical element 76) through Liquid LQ, moving the slit plate 75 (slit section 71) relatively to the light (exposure light EL) through projection optics PL, in case the image formation property of projection optics PL is measured by the slit scan method.

[0090]

A control unit CONT asks the amount of amendments for acquiring a desired image formation property, and a concrete target for the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL, and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B based on the image formation property information on the projection optics PL which carried out [above-mentioned] measurement. Here, the relation (namely, image formation property coordinating information) between the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL currently beforehand called for by an experiment or simulation and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B, and the variation (the amount of fluctuation) of the various image formation properties of projection optics PL is memorized by Storage MRY. A control unit CONT calculates the amount of amendments containing the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL for amending the image formation property of projection optics PL in the request condition, and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B with reference to the above-mentioned relation memorized by Storage MRY. In addition, the detail of space image measurement is indicated by JP,2002-14005,A.

[0091]

Hereafter, the procedure which exposes the pattern for device manufacture to Substrate P using Aligner EX is explained.

[0092]

After deriving the amount of amendments for amending measurement of the image formation property through the projection optics PL by the space image metering device 70, and Liquid LQ, and said image formation property, a control device CONT drives the substrate stage PST through the substrate stage driving gear PSTD so that the substrate P loaded on projection optics PL and the substrate stage PST may be made to counter. In addition, the mask M with which the pattern for device manufacture was formed is loaded to the mask stage MST at this time. And a control unit CONT drives the liquid feed zone 11 of the liquid feeder style 10, and supplies the liquid LQ of the specified quantity on Substrate P per unit time amount through a supply pipe 12 and the supply nozzle 13. Moreover, a control unit CONT drives the liquid stripping section (vacuum system) 21 of the liquid recovery device 20 with supply of the liquid LQ by the liquid feeder style 10, and collects the liquids LQ of the specified quantity per unit time amount through the recovery nozzle 23 and the recovery tubing 22. Thereby, the immersion field AR 2 of Liquid LQ is formed between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and Substrate P.

[0093]

And a control unit CONT illuminates Mask M with the exposure light EL by the illumination-light study system IL, and projects the image of the pattern of Mask M on Substrate P through projection optics PL and Liquid LQ. In case exposure processing to Substrate P is performed here, a control unit CONT performs exposure processing, driving the optical elements 64a and 64b of projection optics PL, or adjusting the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B, and adjusting the image formation property through projection optics PL and Liquid LQ based on the amount of amendments calculated the account of a top.

[0094]

At the time of scan exposure, some pattern images of Mask M are projected on the projection field AR 1, and Substrate P moves in the direction of +X (or the direction of -X) by rate $\beta \cdot V$ (β is a projection scale factor) through the substrate stage PST to projection optics PL synchronizing with Mask M moving in the direction of -X (or the direction of +X) at a rate V. And after exposure ending to one shot field, the next shot field moves to a scan starting position by stepping of Substrate P, and exposure processing to each shot field is hereafter performed one by one by step - and - scanning method. With this operation gestalt, it is set as the migration direction of Substrate P, and parallel so that Liquid LQ may be poured in the same direction as the migration direction of Substrate P. That is, when moving Substrate P to the scanning direction (the direction of -X) shown by the arrow head Xa (refer to drawing 3) and performing scan exposure, the supply and recovery of Liquid LQ by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are performed using a supply pipe 12, the supply nozzles 13A-13C, the recovery tubing 22, and the recovery nozzles 23A and 23B. Namely, in case Substrate P moves in the direction of -X, while Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P from the supply nozzle 13 (13A-13C), the liquids LQ on Substrate P are collected from the recovery nozzle 23 (23A, 23B), and Liquid LQ flows in the direction of -X so that between the optical element 60 of the point of projection optics PL and Substrates P may be filled. When moving Substrate P to the scanning direction (the direction of +X) shown by the arrow head Xb (refer to drawing 3) on the other hand and performing scan exposure, the supply and recovery of Liquid LQ by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are performed using a supply pipe 15, the supply nozzles 16A-16C, the recovery tubing 25, and the recovery nozzles 26A and 26B. Namely, in case Substrate P moves in the direction of +X, while Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P from the supply nozzle 16 (16A-16C), the liquids LQ on Substrate P are collected from the recovery nozzle 26 (26A, 26B), and Liquid LQ flows in the direction of +X so that between the optical element 60 of the point of projection optics PL and Substrates P may be filled. Since the liquid LQ supplied through the supply nozzle 13 in this case is drawn between an optical element 60 and Substrate P with migration in the direction of -X of Substrate P, is made and flows, even if the supply energy of the liquid feeder style 10 (liquid feed zone 11) is small, Liquid LQ can be easily supplied between an optical element 60 and Substrate P. And also when scanning Substrate P by changing the direction which pours Liquid LQ according to a scanning direction in the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, between an optical element 60 and Substrates P can be filled with Liquid LQ, and high resolution and the large depth of focus can be obtained.

[0095]

In addition, although liquid supply of the liquid feeder style 10 and liquid recovery by the liquid recovery device 20 are performed and he is trying for Liquid LQ to flow between the optical element 60 of projection optics PL, and the slit plate 75 during the measurement actuation by the space image metering device 70 in the above-mentioned operation gestalt When there are little the temperature change of Liquid LQ and degradation of Liquid LQ by the exposure of light Liquid LQ is supplied at liquid feeder guard 10 before measurement, and during measurement actuation, any [of the liquid supply by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery by the liquid recovery device 20] actuation is suspended, and it may be made to collect the liquids LQ by the liquid recovery device 20 after measurement actuation termination.

[0096]

Hereafter, another operation gestalt of this invention is explained. the sign same about a component the same as that of the operation gestalt mentioned above in the following explanation or equivalent is attached, and simple in the explanation -- or it omits.

[0097]

Drawing 13 is drawing showing another operation gestalt of the space image metering device 70. In drawing 13, the space image metering device 70 strikes electric-eye 90, a photosensor 82 is arranged in the location nearest to the slit plate 75, and Liquid LQ is filled in the space SP between the photosensor 82 and slit plate 75. The photosensor 82 is held by the attachment component 85. Light-receiving side 82A of a photosensor 82 and inner base 85A of an attachment component 85 are flat-tapped. Also by such configuration, a photosensor 82 can receive projection optics PL, the 1st immersion field LA 1, the slit plate 75, and the light that passed through the 2nd immersion field LA 2 good.

[0098]

Drawing 14 is another operation gestalt **** of the space image metering device 70. As shown in

drawing 14 , light-receiving side 82A of a photosensor 82 is close to the inferior surface of tongue of the slit plate 75. That is, the 2nd immersion field LA 2 is not formed in the example shown in drawing 14 . Thus, when filling Liquid LQ between projection optics PL and the slit plate 75 and raising the numerical aperture NA of projection optics PL substantially to it by arranging the photosensor 82 of an electric eye 90 so that the slit plate 75 may be touched, an electric eye 90 (photo detector 82) can receive the light through projection optics PL good.

[0099]

In addition, as for the slit plate 75 (glass plate member 74), in a configuration of touching the slit plate 75 in a photosensor 82, it is desirable that it is thin as much as possible to extent which is not bent by weight of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1. Furthermore, the configuration in which light-receiving side 82A of a photo sensor 82 is exposed more nearly up than the glass plate member 74 is also possible. Since a flat field becomes large by on the other hand forming the slit plate 75 (glass plate member 74) on light-receiving side 82A of a photosensor 82, without exposing light-receiving side 82A, the 1st immersion field LA 1 can be formed good.

[0100]

In addition, adhesives can be used in order to join a photosensor 82 to the inferior surface of tongue of the slit plate 75. In this case, as for adhesives, what has high permeability to exposure light and has the refractive index which can carry out incidence of the exposure light which passed the slit section (light transmission section) 71 to light-receiving side 82A of a photosensor 82 is desirable.

[0101]

Moreover, in the operation gestalt of drawing 14 , although it has composition in which a photosensor 82 is made close to the inferior surface of tongue of the slit plate 75, pattern NINGU of the photo detector may be carried out on the inferior surface of tongue of the slit plate 75 (glass plate member 74).

[0102]

By the way, light is irradiated by the electric eye 90 (optical element 76) through Liquid LQ, moving the slit plate 75 (slit section 71) relatively to the light (exposure light EL) through projection optics PL, in case the image formation property of projection optics PL is measured by the slit scan method, as mentioned above. In this case, un-arranging [which, and the slit plate 75 bends / arrange / according to the force of that liquid LQ, or it changes / arrange / , and reduces space image measurement precision during the light-receiving actuation by the electric eye 90 by migration of the slit plate 75 through the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 between projection optics PL and the slit plate 75] may arise. [vibrating projection optics PL (optical element 60 of a point)]

[0103]

As shown in drawing 15 , then, by forming a through hole 120 in the predetermined location of the slit plate 75 Even if the slit plate 75 moves to projection optics PL, the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 between projection optics PL and the slit plate 75 Since it can escape to Space SP through a through hole 120, even if the slit plate 75 moves The difference of the pressure of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 between projection optics PL and the slit plate 75 and the pressure of the liquid LQ of the 2nd immersion field LA 2 between the slit plate 75 and an electric eye 90 (optical element 76) does not arise, and it does not produce un-arranging -- the slit plate 75 bends. Although the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 moves also to a longitudinal direction (the direction of a field of the slit plate 75) when the slit plate 75 moves, inconvenient generating of the slit plate 75 bending can be further prevented by forming a through hole 120 and supposing that it is movable also in the vertical direction. Moreover, since Liquid LQ is movable through a through hole 120 in between the 1st immersion field LA 1 and the 2nd immersion fields LA 2 and the big pressure fluctuation of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 between projection optics PL and the slit plate 75 does not arise, either, inconvenient generating which fluctuates projection optics PL by the pressure fluctuation of the liquid LQ accompanying migration of the slit plate 75 (vibration) can be prevented.

[0104]

Drawing 16 is the top view of the slit plate 75 of drawing 15 . As shown in drawing 16 , the through hole 120 is formed four with plurality and this operation gestalt. The through hole 120 of these plurality (four) is formed in the location which counters on both sides of the slit section 71 of the slit plate 75, respectively. The through hole 120 is formed inside the 1st immersion field LA 1 of the liquid LQ filled between projection optics PL and the slit plate 75. Thereby, also when the slit plate 75 moves, the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 can escape to Space SP through a through hole 120. And since the through hole 120 has composition which was formed so that it might counter on both sides of the slit

section 71 prepared in the abbreviation center section of the slit plate 75, and was formed in the point symmetric position to the core of the slit plate 75, respectively, the profile irregularity of the slit plate 75 is maintainable.

[0105]

In addition, not only four but two or more arbitration may be prepared, and the number of through holes 120 may be one. Moreover, with this operation gestalt, as shown in drawing 16, although the through hole 120 is formed at equal intervals that it seems that the slit section 71 is surrounded, it may be inequality spacing. moreover, the slit section 71 (core) and two or more through holes 120 -- respectively -- ** -- even if distance is the same, they may differ.

[0106]

By the way, when a through hole 120 is formed in the slit plate 75, in order to form the 2nd immersion field LA 2, when Liquid LQ is filled to Space SP, You may make it supply Liquid LQ to the space SP between the slit plate 75 and an electric eye 90 (optical element 76) other than the configuration using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 which were explained with reference to drawing 6 etc. through a through hole 120 using the liquid feeder style 10. Moreover, you may make it collect the liquids LQ of the space SP between the slit plate 75 and an electric eye 90 (optical element 76) through a through hole 120 using the liquid recovery device 20. That is, you may make it form the 2nd immersion field LA 2 between the slit plate 75 and an electric eye 90 (optical element 76) using the liquid recovery device 20 in which the liquid LQ between the liquid feeder style 10 and projection optics PL which can supply Liquid LQ, and Substrate P is recoverable, between projection optics PL and Substrate P at the time of exposure processing.

[0107]

In case the 2nd immersion field LA 2 is formed using the liquid feeder style 10, as shown in drawing 17 (a), the liquid feeder style 10 supplies Liquid LQ to Space SP through a through hole 120 from the supply nozzle 13. Moreover, the liquids LQ on the slit plate 75 (the liquid LQ which overflowed through the through hole 120 from Space SP is included) are collected from the recovery nozzle 23 of the liquid recovery device 20. In this way, as shown in drawing 17 (b), each of the 1st immersion field LA 1 and the 2nd immersion field LA 2 is formed using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20.

[0108]

After an electric eye 90 receives the light (exposure light EL) through projection optics PL through Liquid LQ and the slit plate 75, the liquid recovery device 20 collects the liquids LQ of the 1st immersion field LA 1 on the slit plate 75. Then, at this time, although the substrate stage PST moves for exposure processing and projection optics PL and Substrate P are made to counter, as shown in drawing 17 (c), the slit plate 75 is evacuated from under projection optics PL. And the covering device material 122 is put on the through hole 120 of the slit plate 75 evacuated from under projection optics PL. In this operation gestalt, the covering device material 122 is covering the slit plate 75 whole, and closes a through hole 120. In addition, this covering device material 122 is put on the slit plate 75 by arm 122A which constitutes a lid device. And where a through hole 120 is closed by the covering device material 122, exposure processing to Substrate P is performed. Although the substrate stage PST moves during the exposure processing to Substrate P, the liquid LQ of Space SP may be revealed outside through a through hole 120 with migration of the substrate stage PST (scattering). Then, at least during the exposure processing to Substrate P, the liquid LQ of Space SP can prevent un-arranging [which is revealed outside through a through hole 120] by plugging up a through hole 120 with the covering device material 122. Moreover, it can also prevent un-arranging [to which the environment where the liquid LQ of Space SP evaporated and Aligner EX is set is changed]. In addition, in case light is detected through Liquid LQ using an electric eye 90, after arm 122A removes the covering device material 122 from on the slit plate 122, as shown in drawing 17 (a) and (b), the 1st and 2nd immersion fields LA1 and LA2 are formed using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20. In addition, the configuration of it not being restricted to the gestalt which gave [above-mentioned] explanation as a lid device, for example, attaching covering device material in the predetermined location of the slit plate 75 or heights 83 through a hinge region, opening covering device material during the measurement processing by the electric eye 90 using an actuator, and closing covering device material during the exposure processing to Substrate P is also possible.

[0109]

As shown in drawing 18 other than the through hole 120 prepared in the slit plate 75 as a hole which

opens the interior of space SP and the exterior between the slit plate 75 and an electric eye 90 for free passage, the 2nd through hole prepared in the outside of the 1st immersion field LA 1 is also contained. The sectional view and drawing 19 which show the example in which drawing 18 formed the 2nd through hole 130 are a top view. In drawing 18 and drawing 19, it is the top face of Z tilt stage 52, and the peripheral wall section 132 is formed in the perimeter of heights 83 so that these heights 83 may be surrounded. Moreover, the covering device material 134 is formed in the upper part of the peripheral wall section 132, and the buffer space section 136 is formed of heights 83, the peripheral wall section 132, and the covering device material 134. And the 2nd through hole 130 which connects Space SP and the buffer space section 136 is formed in the predetermined location of heights 83 and the wall of an attachment component 85. In this operation gestalt, two or more (here eight) 2nd through hole 130 is formed in the perimeter of Space SP at intervals of predetermined, as shown in drawing 19. In addition, the number of the 2nd through holes 130 and arrangement can be set as arbitration. Even if the slit plate 75 moves and the volume of the 1st immersion field AR 1 changes by having formed the 2nd through hole 130, the liquid LQ of the 2nd immersion field LA 2 connected to the 1st immersion field LA 1 through a through hole 120 can escape in the buffer space section 130 through the 2nd through hole 130. Therefore, it can prevent further un-arranging [which it is called the pressure fluctuation of the 1st immersion field LA 1 etc.].

[0110]

As a modification of the operation gestalt shown in drawing 18 and 19, as shown in drawing 20, the 2nd through hole 130 may be formed in the slit plate 75. The 2nd through hole 130 is formed in the outside of the 1st immersion field LA 1. Drawing 21 is the top view of the slit plate 75 of drawing 20. As shown in drawing 21, the 2nd through hole 130 is formed eight with plurality and this operation gestalt. And the 2nd through hole 130 of these plurality (eight) is formed in the location which counters on both sides of the slit section 71 of the slit plate 75, respectively. When the slit plate 75 moves and the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 escapes to Space SP through a through hole 120 by this, the liquid LQ of the space SP can escape outside through the 2nd through hole 130.

[0111]

Although the liquid LQ flows into the outside of the slit plate 75 (heights 83) when Liquid LQ overflows from the 2nd through hole 130 formed in the slit section 75, the recovery device 140 in which the liquids LQ which flowed out of the 2nd through hole 130 are collected is formed in the perimeter of heights 83 to which the slit plate 75 was formed on Z tilt stage 52. The recovery device 140 is equipped with the vacuum system 145 which consists of the slot 141 prepared around heights 83 on Z tilt stage 52, the porosity member 142 which is arranged in a slot 141 and consists of porous ceramics which can hold Liquid LQ, or a sponge-like member, a tank 144 which is the liquid hold section connected to the slot 141 through passage 143, a vacuum pump connected to the tank 144 through passage 146. Moreover, bulb 146A which opens and closes this passage 146 is prepared in passage 146, and outflow way 144A is connected to the tank 144. The liquid LQ which flowed out of the 2nd through hole 130 into the perimeter of heights 83 is held at the porosity member 142 arranged in the slot 141. By driving the vacuum system 145, where it operated bulb 146A and passage 146 is opened wide, with the gas of the perimeter, as the recovery device 140 absorbs the liquid LQ of a slot 141 (porosity member 142), it collects them. The collected liquid LQ is brought together in a tank 144. When a tank 144 is covered with Liquid LQ, it is discharged from outflow way 144A. At this time, in Liquid LQ, since tanks 144 are collected caudad, Liquid LQ does not flow into the vacuum system 145. That is, vapor liquid separation of the liquid LQ collected from the slot 141 and the gas of the perimeter is carried out by the tank 144. By having established the recovery device 140, it can prevent un-arranging [for which the liquid LQ which flowed out of the 2nd through hole 130 or the 1st immersion field LA 1 on Z tilt stage 52 remains].

[0112]

In addition, the adjustable device in which the magnitude of the through hole 120 is changed into a through hole 120 (or the 2nd through hole 130) may be established. For example, during space image measurement, by enlarging a through hole 120 (or the 2nd through hole 130), the viscous drag of the liquid LQ at the time of passing through a through hole 120 can be fallen, and Liquid LQ can be moved smoothly. Moreover, as the through hole 120 was explained with reference to drawing 17 by enlarging, it becomes easy to pour Liquid LQ into Space SP through a through hole 120. And by plugging up a through hole 120 (or the 2nd through hole 130) with an adjustable device at the times other than space image measurement (at the time [Specifically] of exposure actuation), it can be made small, the

environment where the liquid LQ of Space SP evaporated and Aligner EX is set can be changed, or Liquid LQ can prevent inconvenient generating which flows out of Space SP outside with migration of the substrate stage PST.

[0113]

By the way, although it is the configuration which forms the 1st immersion field LA 1 in some fields on the slit plate 75 locally, you may make it soak the slit plate 75 whole in Liquid LQ with each above-mentioned operation gestalt, as shown in drawing 22 . In drawing 22 , the bucket member 150 is formed on Z tilt stage 52, and the slit plate 75 is supported by the supporter material 151 attached on pars-basilaris-ossis-occipitalis 150B of the bucket member 150. Moreover, the optical element 76 held under the slit plate 75 (optical-path downstream) at the attachment component 85 is arranged. The attachment component 85 is also attached in pars-basilaris-ossis-occipitalis 150B of the bucket member 150. The 2nd through hole 130 which opens the interior of space SP and the exterior between the slit plate 75 and an optical element 76 for free passage is formed in the supporter material 151. The opening 150A upper limit of the bucket member 150 is in a location higher than feed hopper 13A of the slit plate 75 and the liquid supply nozzle 13, and recovery opening 23A of the liquid recovery nozzle 23.

[0114]

In case the 1st immersion field LA 1 and the 2nd immersion field LA 2 are formed, after making projection optics PL and the slit plate 75 of the bucket member 150 interior counter, the liquid feeder style 10 drives and Liquid LQ is supplied to the bucket member 150 interior from the supply nozzle 13. The liquid LQ supplied to the bucket member 150 interior is filled through a through hole 120 or the 2nd through hole 130 in the space SP between the slit plate 75 and an optical element 76, and forms the 2nd immersion field LA 2 while it is filled between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75 and forms the 1st immersion field LA 1. Moreover, in the bucket member 150 interior, the liquid LQ of the specified quantity will be filled by driving the liquid recovery device 20 and collecting the liquids LQ of the bucket member 150 interior from the recovery nozzle 23 in parallel to this.

[0115]

Although each above-mentioned operation gestalt explained the example which applied the optical member (slit plate) 75 and the electric eye 90 to the space image metering device 70 which measures the image formation property of projection optics PL As shown in drawing 23 , on the substrate stage PST The exposure sensor (illuminance sensor) 160 which measures the optical exposure information through the projection optics PL other than the space image metering device 70 and which is indicated by JP,11-16816,A, for example, For example, illuminance nonuniformity sensor 170 grade which is indicated by JP,57-117238,A is also prepared. This invention is applicable also to these exposure sensor 160 or the illuminance nonuniformity sensor 170.

[0116]

Drawing 24 is the mimetic diagram of the exposure sensor 160. The exposure sensor 160 measures the exposure (illuminance) of the exposure light irradiated at the image surface side of projection optics PL, and is equipped with the superior lamella 163 formed on Z tilt stage 52, and the photosensor 164 which receives the light which passed the superior lamella 163. The superior lamella 163 is equipped with the glass plate member 162 and the amount adjustment film 161 of light transmission prepared in the top face of the glass plate member 162. The amount adjustment film 161 of light transmission is constituted by for example, the chromium film, has predetermined light transmittance, and is prepared throughout the top face of the glass plate member 162. By dimming the quantity of light which forms the amount adjustment film 161 of light transmission, and carries out incidence to a photosensor 164, it has prevented un-arranging [which it is called the damage and saturation to the photosensor 164 resulting from the light of the superfluous quantity of light being irradiated]. In addition, measurement actuation is performed to the predetermined timing when being exchanged, for example in Mask M by the exposure sensor 160.

[0117]

and in case the exposure of the exposure light EL which passed projection optics PL by the exposure sensor 160 is measured While supplying Liquid LQ between projection optics PL and a superior lamella 163 in the condition mentioned above of having countered projection optics PL and a superior lamella 163 like the operation gestalt and forming the 1st immersion field LA 1 Liquid LQ is supplied between a superior lamella 163 and a photosensor 164, the 2nd immersion field LA 2 is formed, and the exposure light EL is irradiated at a superior lamella 163 through the liquid LQ of projection optics PL and the 1st

immersion field LA 1. In addition, optical system (optical element) may be arranged between a superior lamella 163 and a photosensor 164, and the 2nd immersion field LA 2 is formed in that case between the optical elements arranged in the location nearest to a superior lamella 163 and its superior lamella 163. Moreover, it may be close to a superior lamella 163 in a photosensor 164.

[0118]

Drawing 25 is the mimetic diagram of the illuminance nonuniformity sensor 170. The illuminance nonuniformity sensor 170 measures the illuminance (reinforcement) of the exposure light irradiated through projection optics PL at an image surface side in two or more locations, measures the illuminance nonuniformity (illuminance distribution) of the exposure light irradiated at the image surface side of projection optics PL, and is equipped with the superior lamella 174 formed on Z tilt stage 52, and the photosensor 175 which receive the light which passed the bottle hole section 171 prepared in the superior lamella 174. A superior lamella 174 forms the thin film 172 containing protection-from-light nature ingredients, such as chromium, in the front face of the glass plate member 173, carries out patterning of the thin film 172, and forms the pinhole section 171 in the center section.

[0119]

When measuring illumination distribution by the illuminance nonuniformity sensor 170, while filling between the projection optics PL and superior lamella 174 with the condition of having made projection optics PL and the superior lamella 174 of the illuminance nonuniformity sensor 170 countering, with Liquid LQ, between a superior lamella 174 and photosensors 175 is filled with Liquid LQ. And the pinhole section 171 is moved one by one in two or more locations in the exposure field (projection field) where the exposure light EL is irradiated. In addition, optical system (optical element) may be arranged between a superior lamella 174 and a photosensor 175, and the 2nd immersion field LA 2 is formed in that case between the optical elements arranged in the location nearest to a superior lamella 174 and its superior lamella 174. Moreover, it may be close in a superior lamella 174 and a photosensor 175.

[0120]

Furthermore, this invention is applicable also to the sensor in which desorption is possible to the substrate stage PST (Z stage 51) currently indicated by JP,11-238680,A and JP,2000-97616,A.

[0121]

As mentioned above, the liquid LQ in this operation gestalt is constituted by pure water. Pure water has an advantage without the bad influence to a photoresist, an optical element (lens), etc. on Substrate P while being able to come to hand in large quantities easily by a semi-conductor plant etc. Moreover, since the content of an impurity is very low, pure water can also expect the operation which washes the front face of Substrate P, and the front face of an optical element established in the apical surface of projection optics PL, while not having a bad influence to an environment.

[0122]

And when the refractive index n of the pure water(water) to the exposure light EL whose wavelength is about 193nm is called about 1.44 and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) is used as the light source of the exposure light EL, on Substrate P, it is short-wavelength-ized by $1/n$, i.e., about 134nm, and high resolution is obtained. Furthermore, when what is necessary is just to be able to secure the depth of focus comparable as the case where it is used in air since the depth of focus is expanded [be / it / under / air / comparing] to about n times, i.e., about 1.44 times, it can make the numerical aperture of projection optics PL increase more, and its resolution improves also at this point.

[0123]

Although the optical element 60 is attached at the tip of projection optics PL with this operation gestalt, as an optical element attached at the tip of projection optics PL, you may be the optical plate used for the optical property of projection optics PL, for example, adjustment of aberration (spherical aberration, comatic aberration, etc.). Or you may be the plane-parallel plate which can penetrate the exposure light EL.

[0124]

In addition, what is necessary is just to use the liquid of fluorine systems, such as fault fluorine system oil [which can penetrate F2 laser beam as a liquid LQ / for example,], polyether, etc. fluoride (PFPE), in this case, since this F2 laser beam does not penetrate water when the light source of for example, the exposure light EL which may be liquids other than water is F2 laser although the liquid LQ of this operation gestalt is water. Moreover, if it considers as Liquid LQ, there is permeability over the exposure light EL, a refractive index is high as much as possible, and it is also possible to use a stable thing (for example, cedar oil) to the photoresist applied to projection optics PL and a substrate P front

face.

[0125]

In each above-mentioned operation gestalt, especially the configuration of the nozzle mentioned above is not limited and may be made to perform supply or recovery of Liquid LQ with two pairs of nozzles about the long side of the projection field AR 1. In addition, in this case, in order to enable it to perform supply and recovery of Liquid LQ also from the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, it may compare with a supply nozzle and a recovery nozzle up and down, and you may arrange.

[0126]

That is, various kinds of gestalten which can continue filling between the optical element 60 of projection optics PL and Substrates P with enough liquids LQ are employable. Moreover, it is not necessary to necessarily change the supply location and recovery location of Liquid LQ according to the migration direction of Substrate P, and supply and recovery of Liquid LQ may be continued from a position.

[0127]

In addition, as a substrate P of each above-mentioned operation gestalt, not only the semi-conductor wafer for semiconductor device manufacture but the glass substrate for display devices, the mask used with the ceramic wafer for the thin film magnetic heads or an aligner or the original edition (synthetic quartz, silicon wafer) of a reticle, etc. is applied.

[0128]

Moreover, although the aligner which fills between projection optics PL and Substrates P with a liquid locally is adopted in an above-mentioned operation gestalt The immersion aligner to which the stage holding the substrate for [which is indicated by JP,6-124873,A] exposure is moved in a cistern, The liquid tub of the predetermined depth can be formed on a stage which is indicated by JP,10-303114,A, and this invention can be applied also to the immersion aligner which holds a substrate in it.

[0129]

It is applicable also to the projection aligner (stepper) of the step-and-repeat method which one-shot exposure of the pattern of Mask M is carried out [method] in the condition of having stood still Mask M and Substrate P other than the scanning aligner (scanning stepper) of step - which carries out the synchronized drive of Mask M and the substrate P, and carries out scan exposure of the pattern of Mask M as an aligner EX, and - scanning method, and carries out step migration of the substrate P one by one. Moreover, this invention can apply at least two patterns also to the aligner of step - imprinted in piles partially and - SUTITCHI method on Substrate P.

[0130]

Moreover, although it has composition which the aligner which applied the above-mentioned immersion method fills the optical-path space by the side of injection of the optical element 60 of projection optics PL with Liquid LQ, and exposes Substrate P, you may make it also fill the optical-path space by the side of the optical element 60 incidence of projection optics with Liquid LQ as indicated by the international public presentation 2004th / No. 019128. In this case, even if projection optics PL has 1.0 or more big numerical aperture, the parallel plate of non-refractive power and the very small lens of refractive power are employable as an optical element 60.

[0131]

Moreover, this invention is applicable also to the aligner of the twin stage mold which laid processed substrates, such as a wafer, separately and was equipped with two independently movable stages in the XY direction as indicated by JP,10-163099,A, JP,10-214783,A, the ** table No. 505958 [2000 to] official report, etc.

[0132]

Moreover, this invention can hold processed substrates, such as a wafer, and can apply them also to the aligner equipped with the movable exposure stage and the measurement stage equipped with various kinds of measurement members or a sensor as indicated by JP,11-135400,A. In this case, at least the part of two or more sensors (metering device) explained with each above-mentioned operation gestalt can be carried in a measurement stage.

[0133]

As a class of aligner EX, it is not restricted to the aligner for semiconductor device manufacture which exposes a semiconductor device pattern to Substrate P, but can apply to the aligner for manufacturing an aligner, the thin film magnetic head, an image sensor (CCD), a reticle or a mask for the object for liquid crystal display component manufacture, or display manufacture, etc. widely.

[0134]

When using a linear motor (USP5,623,853 or USP5,528,118 reference) for the substrate stage PST and a mask stage MST, it is desirable to use one of the magnetic levitation molds using the air surfacing mold using air bearing as a method and the Lorentz force, or the reactance force of surfacing those stages to a surface plate. Moreover, the type which moves along with a guide is sufficient as each stages PST and MST, and they may be guide loess types which do not prepare a guide.

[0135]

The flat-surface motor which the magnet unit which has arranged the magnet to two dimensions, and the armature unit which has arranged the coil to two dimensions are made to counter as a drive of each stages PST and MST, and drives each stages PST and MST according to electromagnetic force may be used. In this case, what is necessary is to connect either of a magnet unit and an armature unit to Stages PST and MST, and just to establish another side of a magnet unit and an armature unit in the migration side side of Stages PST and MST.

[0136]

The reaction force generated by migration of the substrate stage PST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-166475,A (USP5,528,118), so that it may not get across to projection optics PL. The reaction force generated by migration of a mask stage MST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-330224,A (USS/N 08/416,558), so that it may not get across to projection optics PL.

[0137]

the aligner EX of this operation gestalt -- this application -- it is manufactured by assembling the various subsystems containing each component mentioned to the claim so that a predetermined mechanical precision, electric precision, and optical precision may be maintained. In order to secure these various precision, before and after this assembly, adjustment for attaining electric precision is performed about the adjustment for attaining mechanical precision about the adjustment for attaining optical precision about various optical system, and various mechanical systems, and various electric systems. Like the assembler from various subsystems to an aligner, the mechanical connections between [various] subsystems, wiring connection of an electrical circuit, piping connection of an atmospheric-pressure circuit, etc. are included. It cannot be overemphasized that it is in the front like the assembler from these various subsystems to an aligner like the assembler of each subsystem each. If it ends like the assembler to the aligner of various subsystems, comprehensive adjustment will be performed and the various precision as the whole aligner will be secured. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0138]

As micro devices, such as a semiconductor device, are shown in drawing 26 With the aligner EX of step 201 which performs the function and engine-performance design of a micro device, step 202 which manufactures the mask (reticle) based on this design step, step 203 which manufactures the substrate which is the base material of a device, and the operation gestalt mentioned above It is manufactured through the substrate processing step 204 which exposes the pattern of a mask to a substrate, the device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included) 205, and inspection step 206 grade.

[Brief Description of the Drawings]

[0139]

[Drawing 1] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

[Drawing 2] It is the outline block diagram showing the liquid feeder style near the point and liquid recovery device of projection optics.

[Drawing 3] It is the top view showing physical relationship with the projection field of projection optics, a liquid feeder style, and a liquid recovery device.

[Drawing 4] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the electric eye concerning this invention.

[Drawing 5] An electric eye is the mimetic diagram showing the condition of performing measurement actuation.

[Drawing 6] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and 1 operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 7] It is the top view of the optical member of drawing 6 .

[Drawing 8] It is drawing showing an example of the light transmission section of an optical member.

[Drawing 9] It is drawing showing an example of the light-receiving signal which received light by the electric eye.

[Drawing 10] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 11] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 12] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 13] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 14] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 15] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 16] It is the top view of the optical member of drawing 15 .

[Drawing 17] It is drawing showing an example of the procedure which forms an immersion field.

[Drawing 18] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 19] It is the top view of the optical member of drawing 18 .

[Drawing 20] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 21] It is the top view of the optical member of drawing 20 .

[Drawing 22] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 23] It is the top view showing the condition that two or more electric eyes are arranged on the substrate stage.

[Drawing 24] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 25] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 26] It is the flow chart Fig. showing an example of the production process of a semiconductor device.

[Description of Notations]

[0140]

1 [-- Liquid recovery device,] -- A liquid, 10 -- A liquid feeder style, 13 -- A supply nozzle, 20 23 -- A recovery nozzle, 70 -- A space image metering device, 74 -- Glass plate member (optical member),

75 -- A slit plate (optical member), 76 -- An optical element, 82 -- Photosensor (photo detector), 90 [-- Through hole,] -- An electric eye, 100 -- A liquid feeder, 104 -- A liquid recovery system, 120 122 -- Covering device material (lid device), 122A -- An arm (lid device), 130 -- The 2nd through hole, 134 -- Covering device material (lid device), 140 -- A recovery device, 162 -- Glass plate member (optical member),

163 -- A superior lamella (optical member), 173 -- Glass plate member (optical member),

174 [-- Aligner,] -- A superior lamella (optical member), CONT -- A control unit, EL -- Exposure light, EX

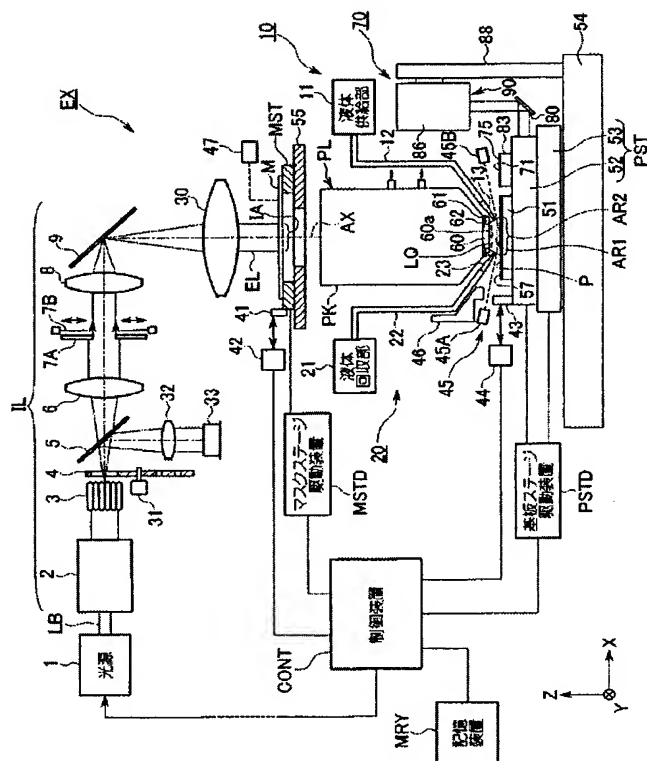
LA [-- Substrate,] 1 -- The 1st immersion field, LA2 -- The 2nd immersion field, LQ -- A liquid, P PL -- Projection optics, PST -- Substrate stage (substrate attachment component)

[Translation done.]

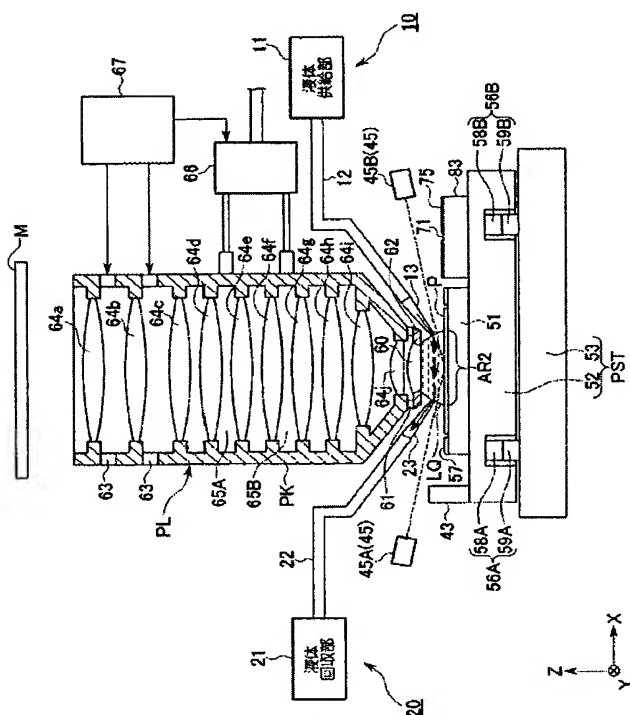
JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

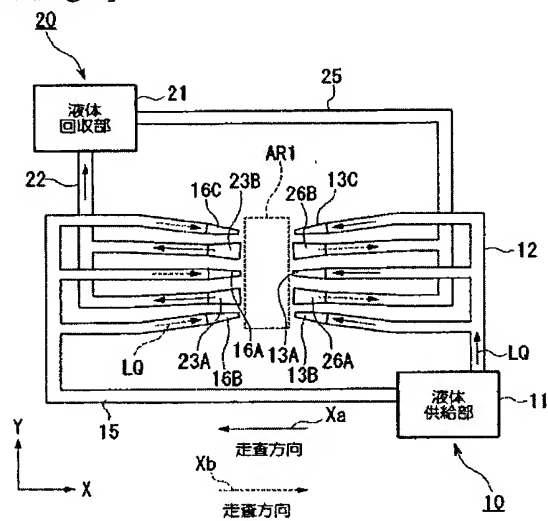
[Drawing 1]



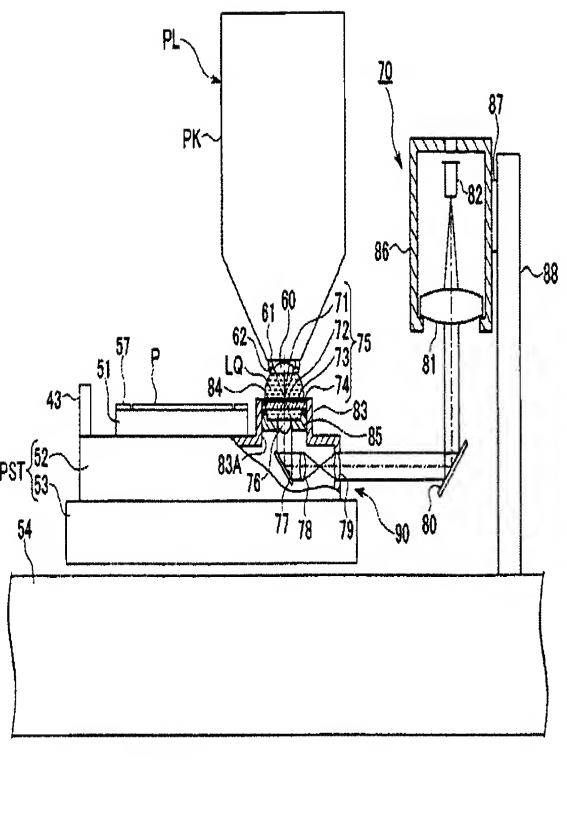
[Drawing 2]



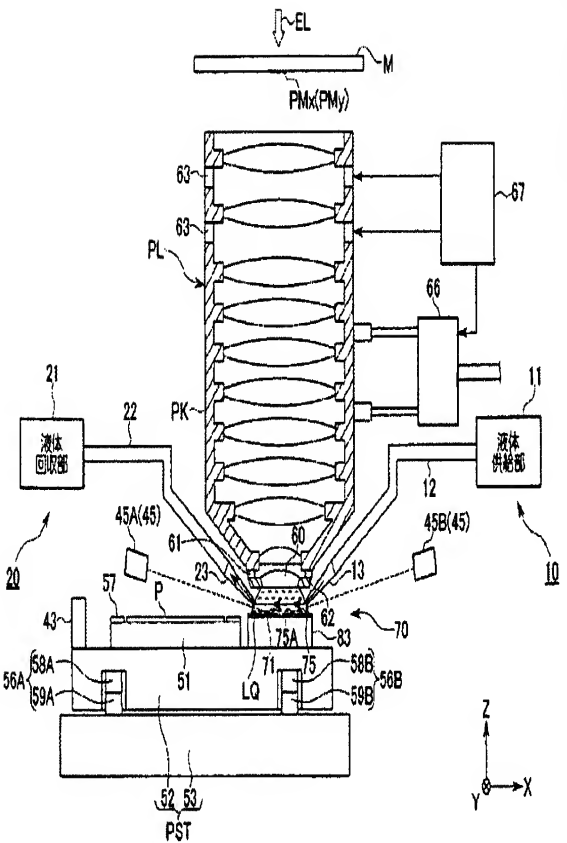
[Drawing 3]



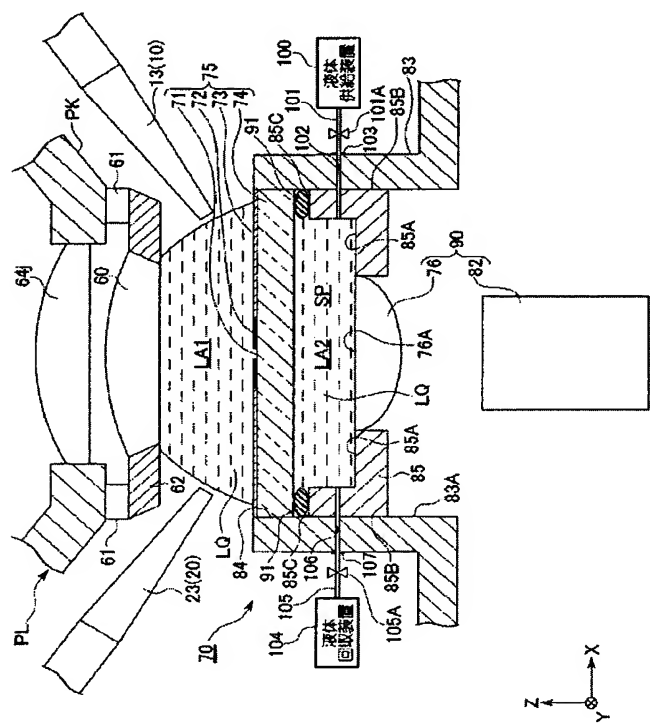
[Drawing 4]



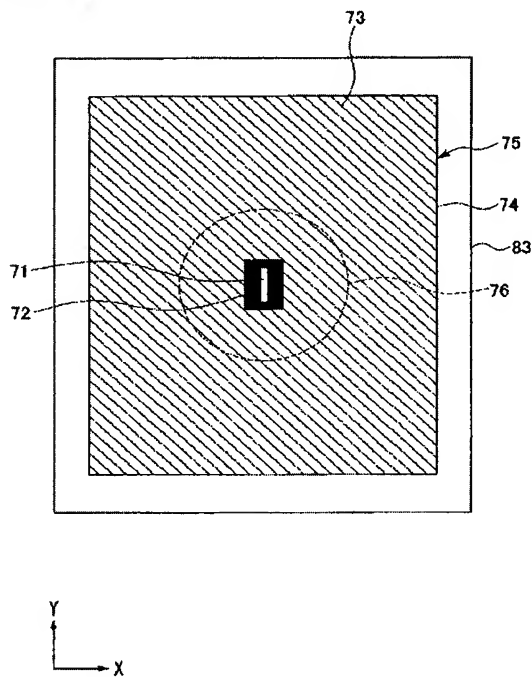
[Drawing 5]



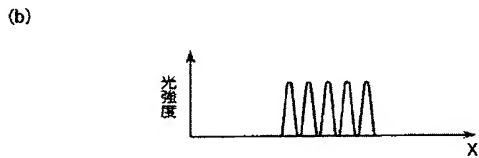
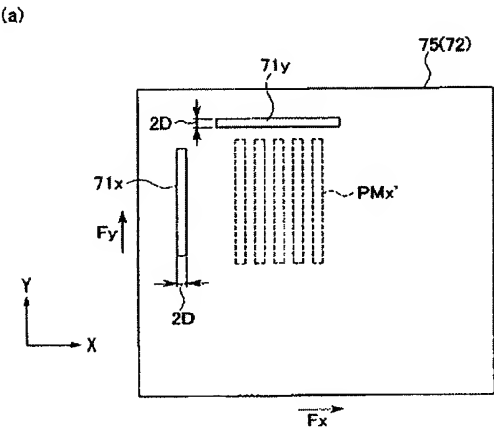
[Drawing 6]



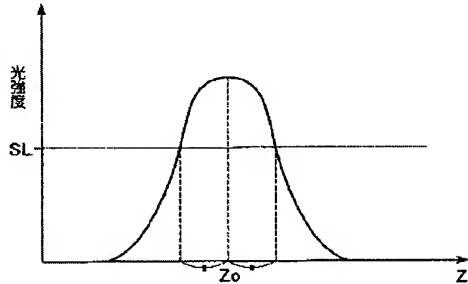
[Drawing 7]



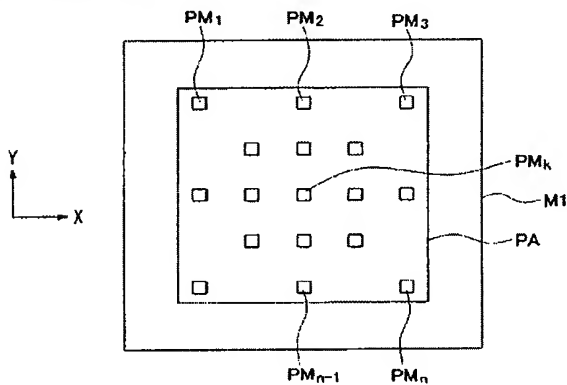
[Drawing 8]



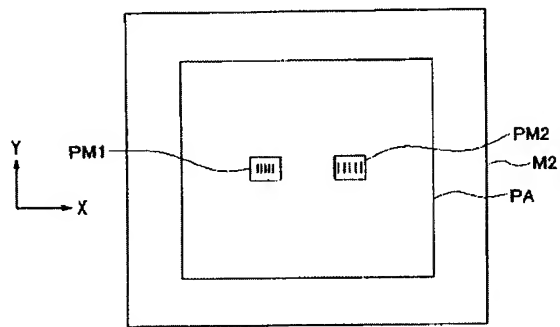
[Drawing 9]



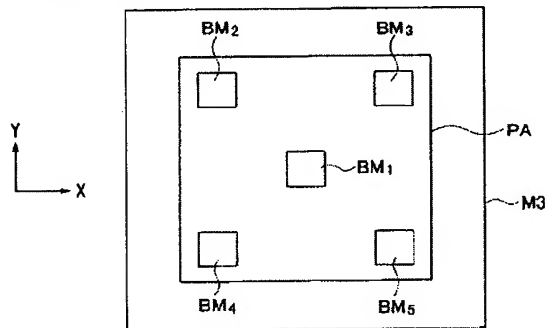
[Drawing 10]



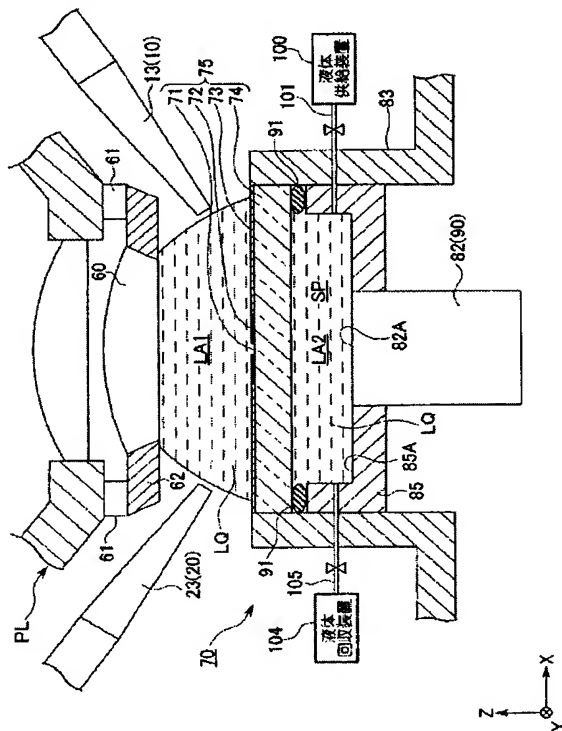
[Drawing 11]



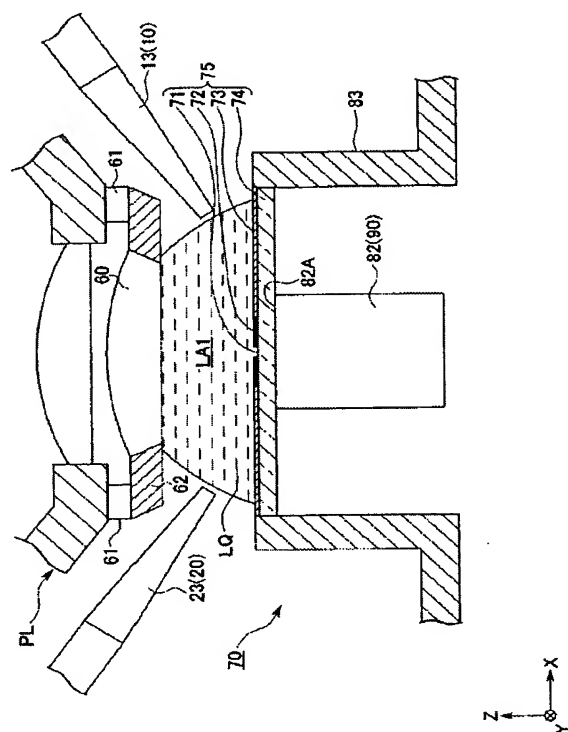
[Drawing 12]



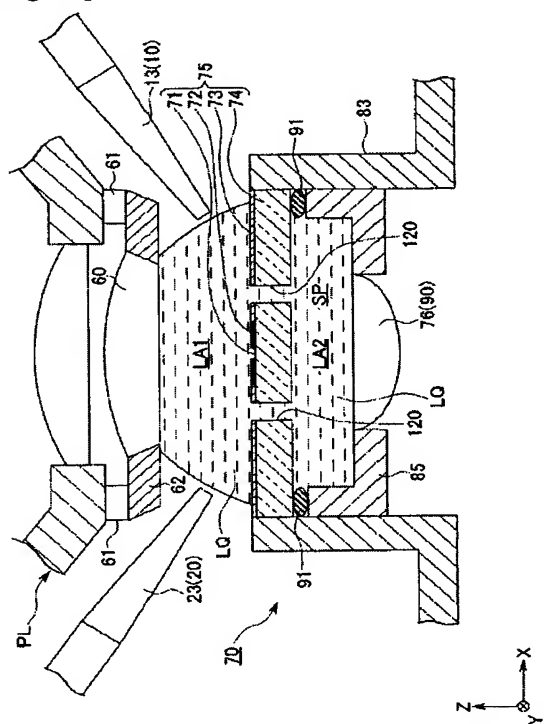
[Drawing 13]



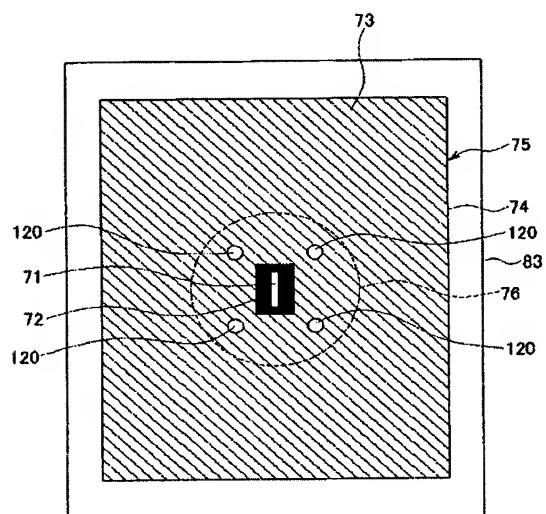
[Drawing 14]



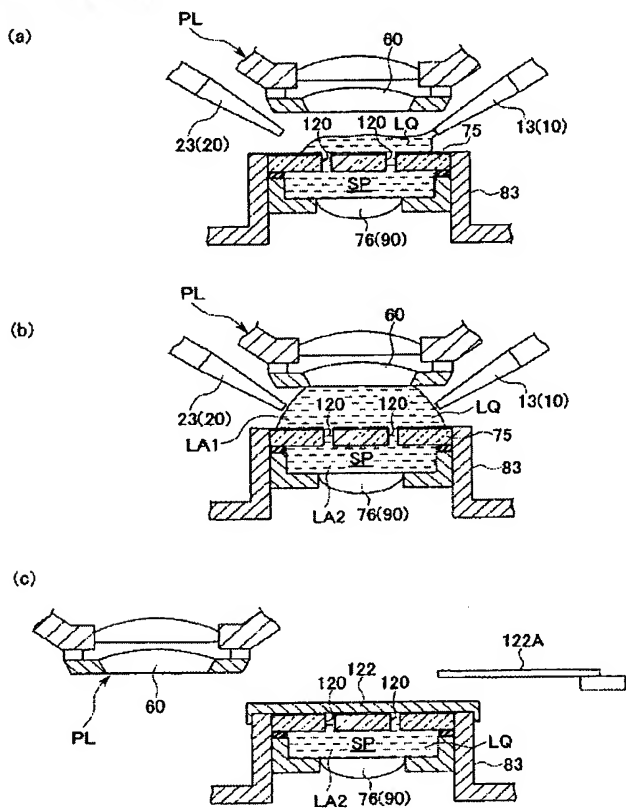
[Drawing 15]



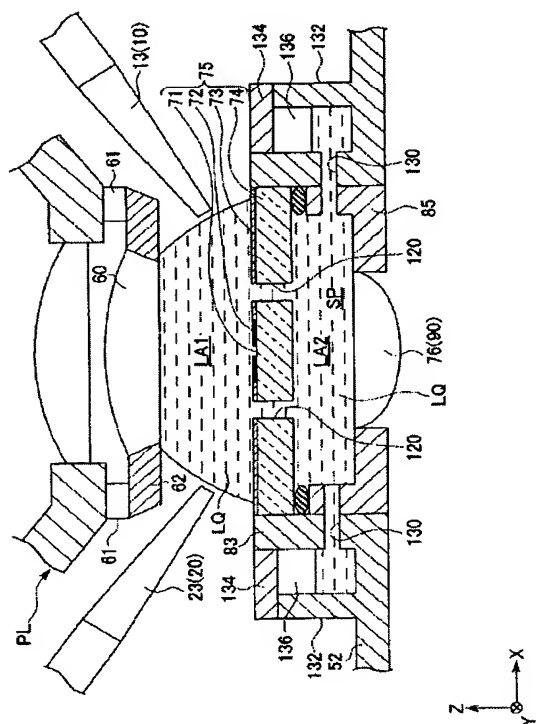
[Drawing 16]



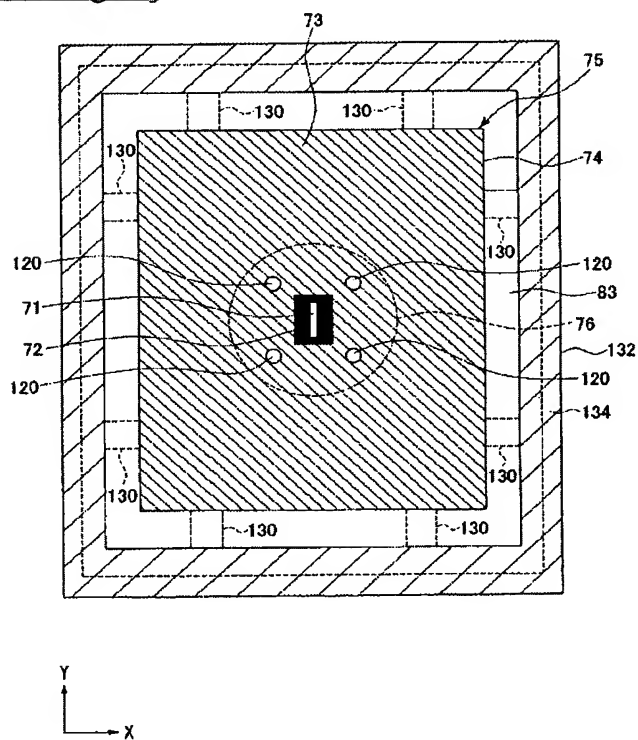
[Drawing 17]



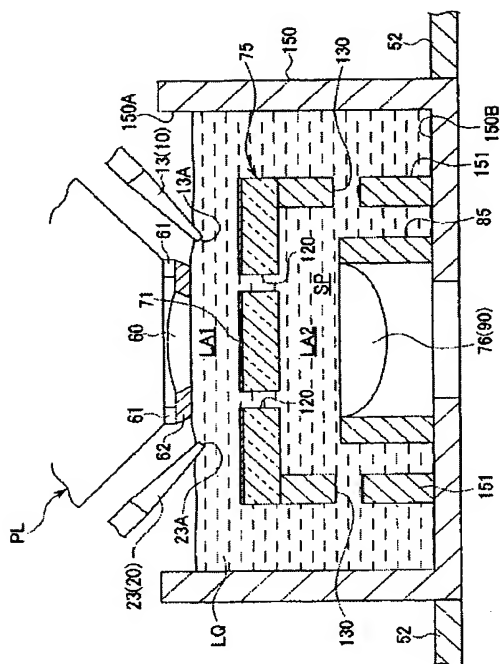
[Drawing 18]



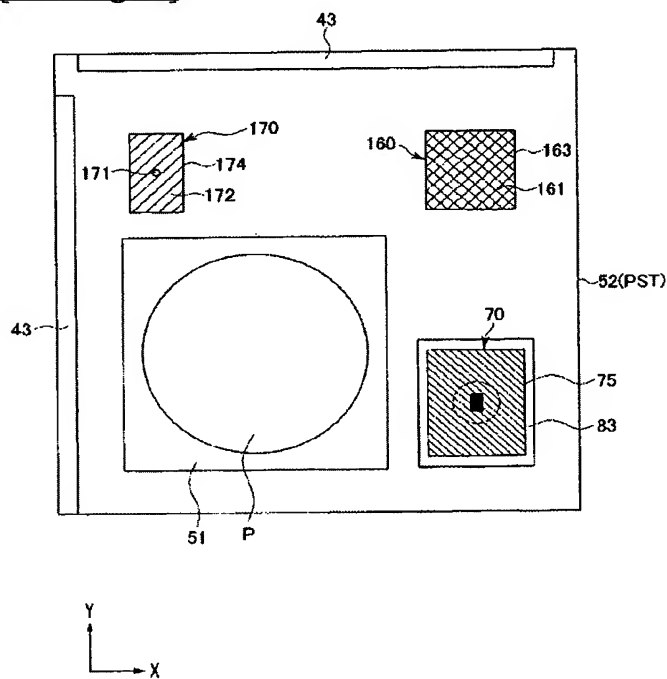
[Drawing 19]



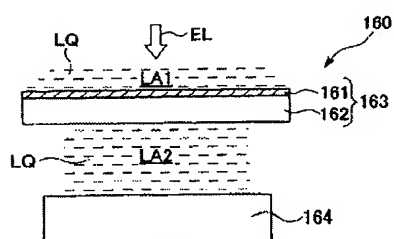
[Drawing 20]



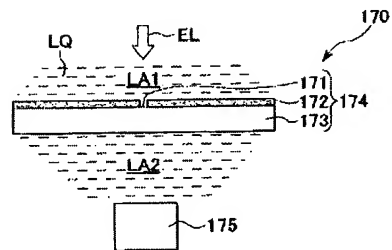
[Drawing 23]



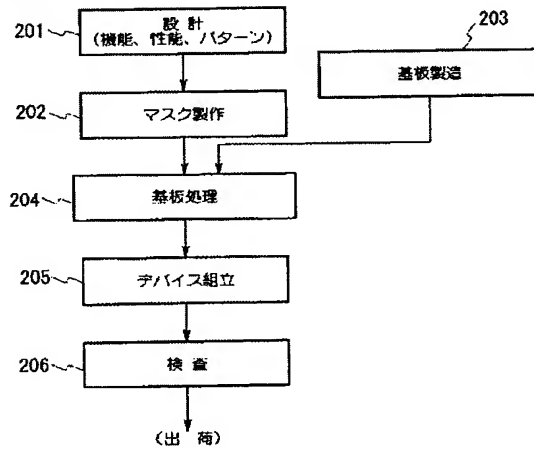
[Drawing 24]



[Drawing 25]



[Drawing 26]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-129914

(P2005-129914A)

(43) 公開日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G03F 7/20

H01L 21/30

515D

501

516C

テーマコード(参考)

2H097

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 33 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2004-281566 (P2004-281566)

(22) 出願日 平成16年9月28日(2004.9.28)

(31) 優先権主張番号 特願2003-344938 (P2003-344938)

(32) 優先日 平成15年10月2日(2003.10.2)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(71) 出願人 593152661

株式会社仙台ニコン

宮城県名取市田高字原277番地

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

(74) 代理人 100108578

弁理士 高橋 昭男

(74) 代理人 100101465

弁理士 青山 正和

(74) 代理人 100107836

弁理士 西 和哉

最終頁に続く

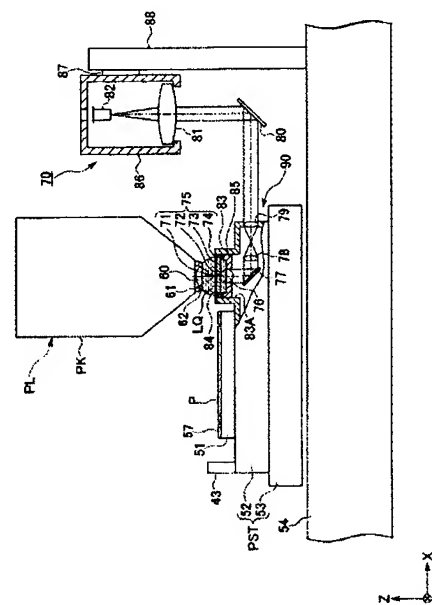
(54) 【発明の名称】 露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系を介した光を良好に受光できる受光器を有する露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、投影光学系PLの像面側に配置された基板Pに対して投影光学系PLと液体LQとを介して露光光を照射することによって基板Pを露光するものであって、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部71を有するスリット板75を介して投影光学系PLを通過した光を受光する受光器90を備え、受光器90を構成する光学素子76とスリット板75との間に液体LQが満たされている。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項1】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

前記受光器と前記光学部材との間に液体が満たされていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記投影光学系と前記光学部材との間に液体を満たした状態で、前記受光器に光を照射することを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系を介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

前記受光器と前記光学部材との間に液体が満たされていることを特徴とする露光装置。

【請求項4】

前記受光器は、前記光学部材に最も近い位置に配置された光学素子と、

前記光学素子を通過した光を受光する受光素子とを有し、

前記光学素子と前記光学部材との間に液体が満たされていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項5】

前記受光器は、受光素子を有し、

前記受光素子と前記光学部材との間に液体が満たされていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項6】

前記光学部材と前記受光器との間に液体を供給する液体供給装置を有することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項7】

前記光学部材と前記受光器との間の液体を回収する液体回収装置を有することを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項8】

前記光学部材と前記受光器との間の空間内部と外部とを連通する穴部を有することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項9】

前記穴部は、前記光学部材の所定位置に設けられた貫通穴を含むことを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項10】

前記貫通穴は、前記光学部材の前記光透過部を挟んで対向する位置に複数設けられていることを特徴とする請求項9記載の露光装置。

【請求項11】

前記貫通穴は、前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の液浸領域の内側に設けられていることを特徴とする請求項9又は10記載の露光装置。

【請求項12】

前記穴部は、前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の液浸領域の外側に設けられた第2貫通穴を含むことを特徴とする請求項8～11のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項13】

前記露光処理時に前記投影光学系と前記基板との間に液体を供給可能な液体供給機構を

備え、

前記液体供給機構は、前記穴部を介して前記光学部材と前記受光器との間の空間に液体を供給することを特徴とする請求項8～12のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項14】

前記露光処理時に前記投影光学系と前記基板との間の液体を回収可能な液体回収機構を備え、

前記液体回収機構は、前記穴部を介して前記光学部材と前記受光器との間の空間の液体を回収することを特徴とする請求項8～13のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項15】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系及び液体を介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光素子を有する受光器を備え、

前記受光素子は前記光学部材に接していることを特徴とする露光装置。

【請求項16】

前記投影光学系と前記光学部材との間に液体を満たした状態で、前記受光器に光を照射することを特徴とする請求項15項記載の露光装置。

【請求項17】

前記投影光学系を介した光に対して前記光透過部を相対的に移動しながら、前記受光器に光を照射することを特徴とする請求項1～16のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項18】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

前記光学部材の所定位置に貫通穴が設けられていることを特徴とする露光装置。

【請求項19】

前記貫通穴は、前記光学部材の前記光透過部を挟んで対向する位置に複数設けられていることを特徴とする請求項18記載の露光装置。

【請求項20】

前記光学部材と前記受光器との間に液体が満たされていることを特徴とする請求項18又は19記載の露光装置。

【請求項21】

前記投影光学系と前記光学部材との間に液体を満たした状態で、前記受光器に光を照射することを特徴とする請求項18～20のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項22】

前記貫通穴は、前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の液浸領域の内側に設けられていることを特徴とする請求項18～21のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項23】

前記投影光学系と前記光学部材との間に満たされた液体の液浸領域の外側に、前記光学部材と前記受光器との間の空間内部と外部とを連通する第2貫通穴が設けられていることを特徴とする請求項18～22のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項24】

前記光学部材を前記投影光学系に対して相対的に移動しながら、前記液体を介して前記受光器に光を照射することを特徴とする請求項1～14、及び18～23のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項25】

前記第2貫通穴から流出する液体を回収する回収機構を有することを特徴とする請求項12又は23記載の露光装置。

【請求項26】

前記貫通穴を開閉する蓋機構を有することを特徴とする請求項9、及び18～25のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項27】

前記蓋機構は、少なくとも前記基板に対する露光処理中に前記貫通穴を閉じることを特徴とする請求項26記載の露光装置。

【請求項28】

前記基板を保持して移動可能な基板保持部材を備え、

前記受光器は、前記基板保持部材に設けられていることを特徴とする請求項1～27のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項29】

前記受光器は前記光透過部を介した光を受光し、該受光結果に基づいて前記投影光学系の結像特性を計測することを特徴とする請求項1～28のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項30】

前記受光器は前記光透過部を介した光を受光し、該受光結果に基づいて前記投影光学系を介した光照射量情報を計測することを特徴とする請求項1～28のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項31】

前記受光器は、該露光装置に対して着脱可能であることを特徴とする請求項1～30のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項32】

請求項1～請求項31のいずれか一項記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項33】

露光光を投影光学系を介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光方法であって：

前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光器で受光することと；

投影光学系を介して基板上に露光光を照射することによって前記基板を露光することとを含み；

前記受光器と前記光学部材との間に液体が満たされている露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置及び露光方法、並びにデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写するものである。また、これらの露光装置は投影光学系を介して露光光を受光する光センサ（受光部）を有しており、これらの光センサの出力に基づいて、各種の機械的調整や光学的調整を行ったり、各種の動作条件を決定して、実際に基板の露光を行うときの露光動作が最適化されている。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が多いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長はKrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度（DOF）も重要となる。解像度R

、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、 NA は投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。
 (1)式、(2)式より、解像度 R を高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数 NA を大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光の波長が空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2～1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述の光センサ(受光部)は、投影光学系の像面側に配置される光透過部を有しており、その光透過部を介して光を受光しているため、液浸法の採用等によって投影光学系の開口数が増大し、露光の入射角(最外の光線と光軸とがなす角度)が大きくなると、光透過部から射出される光の拡がりも大きくなり、良好に受光することができない虞がある。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系を介した光を良好に受光できる受光器を有する露光装置、露光方法、及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図26に対応付けした以下の構成を採用している。但し、各要素に付した括弧付き符号はその要素の例示に過ぎず、各要素を限定するものではない。

【0007】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)の像面側に配置された基板(P)に対して投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介して露光光(EL)を照射することによって基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)の像面側に配置された光透過部(71)を有する光学部材(75)を介して投影光学系(PL)を通過した光を受光する受光器(76、90)を備え、受光器(76、90)と光学部材(75)との間に液体(LQ)が満たされていることを特徴とする。

【0008】

液浸露光においては、投影光学系の像面側に配置された光学部材を介して投影光学系を通過した光を受光器で受光する際、投影光学系と光学部材との間を液体で満たした状態で受光器に光を照射して受光動作を行うことが考えられる。本発明によれば、その光学部材と受光器との間にも液体を満たすことで、投影光学系を通過した光を受光器で良好に受光することができる。つまり、投影光学系と光学部材との間の空間を液体で満たすことで、投影光学系の開口数 NA が向上するが、この投影光学系の開口数 NA に応じて、受光器の光学系の開口数 NA も変化させる必要がある。すなわち、投影光学系の開口数 NA に応じて、受光器の開口数 NA も向上させないと、受光器は、投影光学系を通過した光を良好に取り込むことができない状況が発生し、良好に受光できなくなる。したがって、投影光学系と光学部材との間に液体を満たすことによって投影光学系の開口数 NA を向上させた場合には、光学部材と受光器との間にも液体を満たして受光器の光学系の開口数 NA を向上

させることで、受光器は投影光学系を介した光を良好に受光することができる。

【0009】

ここで、光学部材とは、光透過部を有するものは全て含まれる。

【0010】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)の像面側に配置された基板(P)に対して投影光学系(PL)を介して露光光(EL)を照射することによって基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)の像面側に配置された光透過部(71)を有する光学部材(75)を介して投影光学系(PL)を通過した光を受光する受光器(76、90)を備え、受光器(76、90)と光学部材(75)との間に液体(LQ)が満たされていることを特徴とする。

【0011】

本発明によれば、光学部材と受光器との間に液体を満たすことで、受光器の光学系の開口数NAを向上することができ、受光動作を良好に行うことができる。本発明の光学部材と受光器との間に液体を満たす構成は、液浸露光装置に対する適用の他に、液体を介さないで露光するドライ露光装置に対する適用も可能である。

【0012】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)の像面側に配置された基板(P)に対して投影光学系(PL)及び液体(LQ)を介して露光光(EL)を照射することによって基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)の像面側に配置された光透過部(71)を有する光学部材(75)を介して投影光学系(PL)を通過した光を受光する受光素子(82)を備え、受光素子(82)は光学部材(71)に接していることを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、受光器の受光素子を光学部材に接するように配置することで、投影光学系と光学部材との間に液体を満たして投影光学系の開口数NAを実質的に向上させた場合においても、受光器は投影光学系を介した光を良好に受光することができる。

【0014】

本発明の露光装置(EX)は、投影光学系(PL)の像面側に配置された基板(P)に対して投影光学系(PL)と液体(LQ)とを介して露光光(EL)を照射することによって基板(P)を露光する露光装置において、投影光学系(PL)の像面側に配置された光透過部(71)を有する光学部材(75)を介して投影光学系(PL)を通過した光を受光する受光器(76、90)を備え、光学部材(75)の所定位置に貫通穴(120、130)が設けられていることを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、光学部材に貫通穴を設けたことにより、投影光学系と光学部材との間の液体は貫通穴を介して移動する(逃げる)ことができるので、投影光学系と光学部材との間の液体の圧力と、光学部材と受光器との間の液体の圧力との差が生じず、光学部材が撓む等の不都合は生じない。また、貫通穴を介して液体が移動可能であるので、投影光学系と光学部材との間の液体の大きな圧力変動も生じないため、液体の圧力変動によって投影光学系を変動(振動)させる不都合の発生を防止することができる。

【0016】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置(EX)を用いることを特徴とする。本発明によれば、受光器は投影光学系を介した光を良好に受光できるので、その受光結果に基づいて最適な露光条件を設定した状態で精度良い露光処理を行うことができ、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【0017】

また本発明の露光方法は、露光光を投影光学系を介して基板上に照射することによって前記基板を露光する露光方法であって：前記投影光学系の像面側に配置された光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光器で受光することと；投影光学系を介して基板上に露光光を照射することによって前記基板を露光することとを含み；

前記受光器と前記光学部材との間に液体が満たされている露光方法が提供される。

【0018】

この方法では受光器と光学部材との間に液体が満たされているので、投影光学系の開口数が大きくなっても、光透過部からの露光光を良好に受光することができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、投影光学系を介した光を受光器によって良好に受光できるので、その受光結果に基づいて最適な露光条件を設定した状態で精度良い露光処理を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明に係る露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明に係る露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【0021】

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光処理に関する各種情報を記憶した記憶装置MRVを備えている。更に露光装置EXは、投影光学系PLの結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置70を備えている。空間像計測装置70は、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部71を有するスリット板75を介して投影光学系PLを通過した光（露光光EL）を受光する受光器90を備えている。

【0022】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の一部に（局所的に）液浸領域AR2を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの先端側（像面側）の光学素子60と基板Pの表面との間に液体LQを満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介して露光光ELを照射してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによってこの基板Pを露光する。

【0023】

本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内でマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向）をX軸方向、Z軸方向及びX軸方向に垂直な方向（非走査方向）をY軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上に感光性材料であるフォトリソを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

【0024】

照明光学系ILは、光源1より射出された光束（レーザビーム）LBを露光光ELに変換し、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものである。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等

の遠紫外光(DUV光)や、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)及びF₂レーザ光(波長157nm)等の真空紫外光(VUV光)等が用いられる。本実施形態においてはArFエキシマレーザ光が用いられる。

【0025】

本実施形態において、液体LQには純水が用いられる。純水はArFエキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線(g線、h線、i線)及びKrFエキシマレーザ光(波長248nm)等の遠紫外光(DUV光)も透過可能である。

【0026】

本実施形態における光源1は、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)を射出するエキシマレーザ光源であって、制御装置CONTによってそのレーザ発光のオン・オフや、中心波長、スペクトル半値幅、及び繰り返し周波数等を制御される。

【0027】

照明光学系ILは、ビーム整形光学系2、オプティカルインテグレータ3、照明系開口絞り板4、リレー光学系6、8、固定マスクブラインド7A、可動マスクブラインド7B、ミラー9、及びコンデンサレンズ30等を備えている。本実施形態では、オプティカルインテグレータ3としてフライアイレンズが用いられるが、ロッド型(内面反射型)インテグレータ、あるいは回折光学素子等であってもよい。ビーム整形光学系2内には、光源1でパルス発光されたレーザビームLBの断面形状を、該レーザビームLBの光路後方に設けられたオプティカルインテグレータ3に効率良く入射するように整形するための、例えばシリンドリカルレンズやビームエキスパンダ等が含まれている。オプティカルインテグレータ(フライアイレンズ)3は、ビーム整形光学系2から射出されたレーザビームLBの光路上に配置され、マスクMを均一な照度分布で照明するために多数の点光源(光源像)からなる面光源、すなわち2次光源を形成する。

【0028】

オプティカルインテグレータ3の射出側焦点面の近傍には、円板状部材からなる照明系開口絞り板4が配置されている。この照明系開口絞り板4には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口からなる開口絞り(通常絞り)、小さな円形開口からなりコヒーレンスファクタである σ 値を小さくするための開口絞り(小 σ 絞り)、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り(輪帯絞り)、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置した変形開口絞り(SHRINCとも呼ばれる四重極照明絞り)等が配置されている。この照明系開口絞り板4は、制御装置CONTにより制御されるモータ等の駆動装置31によって回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りが露光光ELの光路上に選択的に配置される。

【0029】

なお、本例においては、照明系開口絞り部材4を用いて照明光学系ILの瞳面での光強度分布の調整を行っているが、米国特許6,563,567に開示されているような他の光学系を用いてもよい。

【0030】

照明系開口絞り板4を通過した露光光ELの光路上に、反射率が小さく透過率が大いビームスプリッタ5が配置され、更にこの後方の光路上に、マスクブラインド7A、7Bを介在させてリレー光学系(6、8)が配置されている。固定マスクブラインド7Aは、マスクMのパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、マスクM上の照明領域IAを規定する矩形開口が形成されている。また、この固定マスクブラインド7Aの近傍に走査方向(X軸方向)及びこれに直交する非走査方向(Y軸方向)にそれぞれ対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動マスクブラインド7Bが配置され、走査露光の開始時及び終了時にその可動マスクブラインド7Bを介して照明領域IAを更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。また、本実施形態では、可動マスクブラインド7Bは、後述する空間像計測の際の照明領域の設定にも用いられる。一方、照明光学系IL内のビームスプリッタ5で反射された露光ELの光路上には、集光レンズ32、及び遠紫外域で感度が良く、且つ光源1のパルス

発光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型フォトダイオード等の受光素子からなるインテグレートセンサ33が配置されている。

【0031】

このようにして構成された照明光学系1Lの作用を簡単に説明すると、光源1からパルス発光されたレーザビームLBは、ビーム整形光学系2に入射して、ここで後方のオプティカルインテグレート3に効率良く入射するようにその断面形状が整形された後、オプティカルインテグレート3に入射する。これにより、オプティカルインテグレート3の射出側焦点面（照明光学系1Lの瞳面）に2次光源が形成される。この2次光源から射出された露光光ELは、照明系開口絞り板4上のいずれかの開口絞りを通過した後、透過率が大きく反射率が小さいビームスプリッタ5に入射する。このビームスプリッタ5を透過した露光光ELは、第1リレーレンズ6を経て固定マスクブラインド7Aの矩形的開口部及び可動マスクブラインド7Bを通過した後、第2リレーレンズ8を通過してミラー9によって光路を垂直下方に折り曲げられる。ミラー9によって光路を折り曲げられた露光光ELは、コンデンサレンズ30を経て、マスクステージMSTに保持されたマスクM上の照明領域IAを均一な照度分布で照明する。

【0032】

一方、ビームスプリッタ5で反射された露光光ELは、集光レンズ32を介してインテグレートセンサ33で受光され、インテグレートセンサ33の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を有する信号処理装置を介して制御装置CONTに供給される。本実施形態では、インテグレートセンサ33の計測値は、露光量制御に用いられる他、投影光学系PLに対する照射量の計算に用いられ、この照射量は基板反射率（これは、インテグレートセンサの出力と不図示の反射率モニタの出力とに基づいて求めることもできる）とともに、投影光学系PLの照明光吸収による結像特性の変化量の算出に用いられる。本実施形態では、所定の間隔で、制御装置CONTにより、インテグレートセンサ33の出力に基づいて照射量が計算され、その計算結果が照射履歴として、記憶装置MRYに記憶されるようになっている。

【0033】

マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能であって、例えばマスクMを真空吸着（又は静電吸着）により固定している。マスクステージMSTは、マスクベース55上に非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されており、リニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置MSTDにより、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θZ 方向に微小回転可能である。そして、マスクステージMSTは、マスクベース55上をX軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスクMの全面が少なくとも投影光学系PLの光軸AXを横切ることができるだけのX軸方向の移動ストロークを有している。

【0034】

マスクステージMST上には移動鏡41が設けられている。また、移動鏡41に対向する位置にはレーザ干渉計42が設けられている。マスクステージMST上のマスクMの2次元方向の位置、及び θZ 方向の回転角（場合によっては θX 、 θY 方向の回転角も含む）はレーザ干渉計42によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTは、レーザ干渉計42の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置MSTDを駆動することでマスクステージMSTに支持されているマスクMの位置を制御する。

【0035】

投影光学系PLは、マスクMのパターンを所定の投影倍率 β で基板Pに投影露光するものであって、基板P側の先端部に設けられた光学素子（レンズ）60を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒PKで支持されている。本実施形態において、投影光学系PLは、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系PLは等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また投影光学系PLは屈折系、反射系、反射屈折系のいずれでもよい。

【0036】

本実施形態の投影光学系PLの先端部の光学素子60はレンズセル62で保持されており、その光学素子60を保持したレンズセル62と鏡筒PKの先端部とが連結機構61によって連結されている。光学素子60には液浸領域AR2の液体LQが接触する。光学素子60は螢石で形成されている。螢石は水との親和性が高いので、光学素子60の液体接触面60aのほぼ全面に液体LQを密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子60の液体接触面60aとの親和性が高い液体（水）LQを供給するようにしているので、光学素子60の液体接触面60aと液体LQとの密着性が高く、光学素子60と基板Pとの間の光路を液体LQで確実に満たすことができる。なお、光学素子60は、水との親和性が高い石英であってもよい。また、光学素子60の液体接触面60aに親水化（親液化）処理を施して、液体LQとの親和性をより高めるようにしてもよい。

【0037】

基板ステージPSTは、基板Pを保持して移動可能であって、XYステージ53と、XYステージ53上に搭載されたZチルトステージ52とを含んで構成されている。XYステージ53は、ステージベース54の上面の上方に不図示の非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されている。XYステージ53（基板ステージPST）はステージベース54の上面に対して非接触支持された状態で、リニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置PSTDにより、投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面内、すなわちXY平面内で2次元移動可能及び θ Z方向に微小回転可能である。このXYステージ53上にZチルトステージ52が搭載され、Zチルトステージ52上に基板ホルダ51が搭載されている。この基板ホルダ51によって、基板Pが真空吸着等により保持されている。Zチルトステージ52は、後述するアクチュエータにより、Z軸方向、 θ X方向、及び θ Y方向にも移動可能に設けられている。上記アクチュエータを含む基板ステージ駆動装置PSTDは制御装置CONTにより制御される。基板ステージPSTは、基板Pのフォーカス位置（Z位置）及び傾斜角を制御して基板Pの表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系PLの像面に合わせ込むとともに、基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。

【0038】

また、基板ステージPST（基板ホルダ51）上には、基板Pを囲むように補助プレート57が設けられている。補助プレート57は基板ホルダ51に保持された基板Pの表面とほぼ同じ高さの平面を有している。基板Pのエッジ領域を露光する場合にも、補助プレート57により投影光学系PLの下に液体LQを保持することができる。

【0039】

なお、補助プレート57は、基板ホルダ51の周囲のみに形成されているが、基板ステージPSTの上面がほぼ面一となるように、空間像計測装置70の周囲や基板ホルダ51と空間像計測装置70との間にも補助プレート57を配置することもできる。このようにすることで、空間像計測装置70の上面が液浸領域AR2よりも小さくても、補助プレート57により投影光学系PLの下に液体LQを保持することができる。

【0040】

基板ステージPST（Zチルトステージ52）上には移動鏡43が設けられている。また、移動鏡43に対向する位置にはレーザ干渉計44が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計44によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計44の計測結果に基づいてリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置PSTDを駆動することで基板ステージPSTに支持されている基板Pの位置決めを行う。

【0041】

また、露光装置EXは、基板ステージPST（基板ホルダ51）に支持されている基板Pの表面の位置を検出するフォーカス検出系45を備えている。フォーカス検出系45は、基板P上に液体LQを介して斜め方向より検出用光束を投射する投光部45Aと、基板Pで反射した前記検出用光束の反射光を受光する受光部45Bとを備えている。フォーカ

ス検出系45(受光部45B)の受光結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはフォーカス検出系45の検出結果に基づいて、基板P表面のZ軸方向の位置情報を検出することができる。また、投光部45Aより複数の検出用光束を投射することにより、基板Pの θX 及び θY 方向の傾斜情報を検出することができる。なお、フォーカス検出系45の構成としては、例えば特開平6-283403号公報等に開示されているものを用いることができる。なお、フォーカス検出系45として、液浸領域AR2の外側で液体LQを介さずに基板P表面に検出用の光束を投射し、その反射光を受光するものを用いることもできる。

【0042】

制御装置CONTは、走査露光時等に、受光部45Bからの焦点ずれ信号(デフォーカス信号)、例えばSカーブ信号に基づいて焦点ずれが零となるように、後述するZ位置駆動部56A~56Cを含む基板ステージ駆動装置PSTDを介してZチルトステージ52のZ軸方向への移動、及び2次的に傾斜(θX 、 θY 方向の回転)を制御する。すなわち、制御装置CONTは、多点フォーカス検出系45を用いてZチルトステージ52の移動を制御することにより、投影光学系PLの結像面と基板Pの表面とを実質的に合致させるオートフォーカス及びオートレベリングを実行する。

【0043】

また、投影光学系PLの先端近傍には、基板P上のアライメントマークあるいは基板ステージPST上に設けられた不図示の基準部材上に形成された基準マークを検出するオフアクシス方式の基板アライメント系46が設けられている。また、マスクステージMSTの近傍には、マスクMと投影光学系PLとを介して前記基準部材に設けられた基準マークを検出するマスクアライメント系47が設けられている。本実施形態では、このアライメント系として、画像処理方式のアライメントセンサ、いわゆるFIA(Field Image Alignment)系が用いられている。なお、基板アライメント系46の構成としては、例えば特開平4-65603号公報に開示されているものを用いることができ、マスクアライメント系47の構成としては、特開平7-176468号公報に開示されているものを用いることができる。

【0044】

図2は、液体供給機構10、液体回収機構20、及び投影光学系PLを示す拡大図である。投影光学系PLは、鏡筒PKに保持された複数枚(ここでは10枚)の光学素子64a~64jと、投影光学系PLの像面側(基板P側)のレンズセル62に保持された光学素子60とを備えている。投影光学系PLを構成する光学素子64a~64jのうち、その一部、例えば光学素子64a、64bは、それぞれ複数の駆動素子(例えばピエゾ素子等)63によって光軸AX方向及びXY面に対する傾斜方向に微小駆動可能に構成されている。また、光学素子64d、64eの間、及び光学素子64f、64gの間には、それぞれ密閉状態とされた第1、第2密閉室65A、65Bが形成されている。これら第1、第2密閉室65A、65Bには、不図示のガス供給機構から圧力調整機構66を介してクリーンな気体、例えばドライエアが供給されるようになっている。

【0045】

本実施形態では、各駆動素子63に与えられる駆動電圧(駆動素子の駆動量)及び第1、第2密閉室65A、65B内部の気体の圧力(内部圧力)を調整する圧力調整機構66が、制御装置CONTからの指令に応じて結像特性制御装置67により制御され、これによって、投影光学系PLの結像特性、例えば、像面湾曲、ディストーション、倍率等が補正されるようになっている。なお、かかる結像特性を調整する結像特性調整機構は、光学素子64aのような可動光学素子のみによって構成してもよく、その可動光学素子の数も任意でよい。但し、この場合、可動光学素子の数が、フォーカスを除く、投影光学系PLの結像特性の補正可能な種類に対応するので、補正が必要な結像特性の種類に応じて可動光学素子の数を定めればよい。

【0046】

Zチルトステージ52は、3つのZ位置駆動部56A、56B、56C(但し、紙面奥

側のZ位置駆動部56Cは不図示)によってXYステージ53上に3点で支持されている。これらのZ位置駆動部56A~56Cは、Zチルトステージ52下面のそれぞれの支持点を投影光学系PLの光軸方向(Z方向)に独立して駆動する3つのアクチュエータ(例えばボイスコイルモータなど)59A、59B、59C(但し、図2における紙面奥側のアクチュエータ59Cは不図示)と、Zチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56CによるZ軸方向の駆動量(基準位置からの変位)を検出するエンコーダ58A、58B、58C(但し、図2における紙面奥側のエンコーダ58Cは不図示)とを含んで構成されている。ここでエンコーダ58A~58Cとしては、例えば光学式又は静電容量式などのリニアエンコーダが使用されている。本実施形態では、上記アクチュエータ56A、56B、56Cによって、Zチルトステージ52を光軸AX方向(Z軸方向)及び光軸に直交する面(XY面)に対する傾斜方向すなわち θX 、 θY 方向に駆動する駆動装置が構成されている。また、エンコーダ58A~58Cで計測されるZチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56Cによる各支持点のZ軸方向の駆動量(基準点からの変位量)は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTは、そのエンコーダ58A~58Cの計測結果に基づいて、Zチルトステージ52のZ軸方向の位置及びレベリング量(θX 回転量、 θY 回転量)を求めるようになっている。

【0047】

液体供給機構10は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間に液体LQを供給するものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11に供給管12を介して接続され、この液体供給部11から送出された液体LQを基板P上に供給する供給ノズル13とを備えている。供給ノズル13は基板Pの表面に近接して配置されている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管12及び供給ノズル13を介して基板P上に液体LQを供給する。液体供給部11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体供給部11による基板P上に対する単位時間あたりの液体供給量を制御可能である。なお、液体供給機構10のタンク、加圧ポンプなどは、必ずしも露光装置EXが備えている必要はなく、それらの少なくとも一部を露光装置EXが設置される工場などの設備で代用することもできる。

【0048】

液体回収機構20は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQを回収するものであって、基板Pの表面に近接して配置された回収ノズル23と、回収ノズル23に回収管22を介して接続された液体回収部21とを備えている。液体回収部21は、真空ポンプを含む真空系(吸引装置)、及び回収した液体LQを収容するタンク等を含んで構成されており、その動作は制御装置CONTに制御される。液体回収部21の真空系が駆動することにより、基板P上の液体LQは回収ノズル23を介して回収される。なお真空系として、露光装置に真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。また、液体回収機構20のタンクも、必ずしも露光装置EXが備えている必要はなく、それらの少なくとも一部を露光装置EXが設置される工場などの設備で代用することもできる。

【0049】

なお回収管22の途中、具体的には回収ノズル23と真空系との間に、回収ノズル23から吸い込まれた液体LQと気体とを分離する気液分離器を設けることが好ましい。基板P上の液体LQを吸引回収する際、液体回収部(真空系)21では、液体LQをその周囲の気体(空気)とともに回収する状況が生じる可能性があるため、気液分離器によって回収ノズル23から回収された液体と気体とを分離することにより、真空系に液体LQが流入してその真空系が故障する等の不都合の発生を防止することができる。液体回収部21に回収された液体LQは、例えば廃棄されたり、あるいはクリーン化されて液体供給部11等に戻され再利用される。

【0050】

なお、液体供給機構10及び液体回収機構20は、投影光学系PLに対して分離して支

持されている。これにより、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 で生じた振動が投影光学系 PL に伝わることがない。

【0051】

図3は、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 と投影光学系 PL の投影領域 AR1 との位置関係を示す平面図である。投影光学系 PL の投影領域 AR1 は Y 軸方向に細長い矩形状（スリット状）となっており、その投影領域 AR1 を X 軸方向に挟むように、+X 側に 3 つの供給ノズル 13A～13C が配置され、-X 側に 2 つの回収ノズル 23A、23B が配置されている。そして、供給ノズル 13A～13C は供給管 12 を介して液体供給部 11 に接続され、回収ノズル 23A、23B は回収管 22 を介して液体回収部 21 に接続されている。また、供給ノズル 13A～13C と回収ノズル 23A、23B とをほぼ 180° 回転した位置関係で、供給ノズル 16A～16C と、回収ノズル 26A、26B とが配置されている。供給ノズル 13A～13C と回収ノズル 26A、26B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 16A～16C と回収ノズル 23A、23B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 16A～16C は供給管 15 を介して液体供給部 11 に接続され、回収ノズル 26A、26B は回収管 25 を介して液体回収部 21 に接続されている。

【0052】

図4は、投影光学系 PL の結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置 70 を示す概略構成図である。空間像計測装置 70 は、投影光学系 PL の像面側に配置されたスリット部 71 を有するスリット板 75 を介して投影光学系 PL を通過した光を受光する受光器 90 を備えている。スリット板 75 は、投影光学系 PL の像面側の Z チルトステージ 52 に設けられている。受光器 90 は、Z チルトステージ 52 内部においてスリット板 75 に近い位置に配置された光学素子 76 と、光学素子 76 を通過した光の光路を折り曲げるミラー 77 と、ミラー 77 を介した光が入射する光学素子 78 と、光学素子 78 を通過した光を Z チルトステージ 52 外部に送る送光レンズ 79 と、Z チルトステージ 52 外部に設けられ、送光レンズ 79 からの光の光路を折り曲げるミラー 80 と、ミラー 80 を通過した光を受ける受光レンズ 81 と、受光レンズ 81 を介した光を受光する光電変換素子からなる光センサ（受光素子）82 とを備えている。

【0053】

スリット板 75 は、平面視長方形形状のガラス板部材 74 と、ガラス板部材 74 の上面中央部に設けられたクロム等からなる遮光膜 72 と、その遮光膜 72 の周囲、すなわちガラス板部材 74 の上面のうち遮光膜 72 以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射膜 73 と、遮光膜 72 の一部に形成された開口パターンであるスリット部 71 とを備えている。スリット部 71 においては透明部材であるガラス板部材 74 が露出しており、光はスリット部 71 を透過可能である。

【0054】

Z チルトステージ 52 の上面において基板ホルダ 51 と隣り合う位置には凸部 83 が設けられており、その凸部 83 の上部には開口部 84 が設けられている。スリット板 75 は凸部 83 の開口部 84 に対して着脱可能となっており、その開口部 84 を塞ぐ状態で上方から嵌め込まれている。

【0055】

ガラス板部材 74 の形成材料としては、ArF エキシマレーザ光あるいは KrF エキシマレーザ光に対する透過性の良い合成石英あるいは螢石などが用いられる。なお、合成石英の ArF エキシマレーザ光に対する屈折率は 1.56、KrF エキシマレーザ光に対する屈折率は 1.51 程度である。

【0056】

光学素子 76 は、Z チルトステージ 52 内部においてスリット部 71 の下方に配置されており、保持部材 85 で保持されている。光学素子 76 を保持した保持部材 85 は、凸部 83 の内壁面 83A に取り付けられている。Z チルトステージ 52 内部に配置されている光学素子 76 を通過した光は、ミラー 77 でその光路を折り曲げられた後、光学素子 78

を通過する。光学素子78を通過した光は、Zチルトステージ52の+X側側壁に固定されている送光レンズ79によってZチルトステージ52の外部に送出される。送光レンズ79によってZチルトステージ52外部に送出された光は、ミラー80によって受光レンズ81に導かれる。受光レンズ81とその受光レンズ81の上方に配置されている光センサ82とは、所定の位置関係を保ってケース86に収納されている。ケース86は取付部材87を介してステージベース54の上面に設けられた支柱88の上端部近傍に固定されている。

【0057】

なお、ミラー77、光学素子78、及び送光レンズ79等はZチルトステージ52に対して着脱可能である。また、受光レンズ81及び光センサ82を収納したケース86を支持する支柱88は、ステージベース54に対して着脱可能となっている。

【0058】

光センサ82には、微弱な光を精度良く検出可能な光電変換素子（受光素子）、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ（PMT、光電子増倍管）等が用いられる。光センサ82からの光電変換信号は、信号処理装置を介して制御装置CONTに送られるようになっている。

【0059】

図5は、空間像計測装置70を使って投影光学系PLの結像特性を計測している状態を示す図である。図5に示すように、投影光学系PLの結像特性の計測中には、投影光学系PLとスリット板75とを対向させた状態で、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って、投影光学系PLの先端側（像面側）の光学素子60とスリット板75との間に液体LQを流すようにする。そして、投影光学系PLの光学素子60とスリット板75との間に液体LQを満たした状態で、投影光学系PL及び液体LQを介した光（露光光EL）が空間像計測装置70を構成するスリット板75に照射される。またこのときのスリット板75の上面75Aの面位置情報は、フォーカス検出系45を使って検出可能である。

【0060】

図6は、空間像計測装置70のうち、凸部83内部に配置されたスリット板75及び光学素子76近傍を示す要部拡大断面図、図7は、スリット板75を上方から見た平面図である。なお図6においては、受光器90は簡略化して図示されており、受光器90を構成する複数の光学素子及び部材のうち、光の光路上においてスリット板75に最も近い位置に配置された光学素子76、及びその光学素子76を通過した光を受光する光センサ82のみが図示されている。図6に示す空間像計測装置70において、スリット板75と受光器90との間には液体LQが満たされている。本実施形態において、液体LQは、凸部83の開口部84に嵌合されているスリット板75の下面と、受光器90の光路上に配置された複数の光学素子（光学部材）のうちスリット板75に最も近い位置に配置された光学素子76との間に満たされている。光学素子76は、スリット板75の下方位置において、凸部83の内壁面83Aに取り付けられた保持部材85に保持されており、液体LQは、スリット板75、保持部材85、及び光学素子76に囲まれた空間SPに満たされている。本実施形態において、光学素子76は平凸レンズにより構成されており、その平坦面を上方に向けて配置されている。そして、保持部材85の内底面85Aと、光学素子76の上面（平坦面）76Aとがほぼ面一となっている。また、保持部材85は断面視略上向きコ字状に形成され、その保持部材85の外側面85Bと凸部83の内壁面83Aとは密接されており、保持部材85の上端面（スリット板75との接合面）85Cとスリット板75の間にはOリングなどのシール部材91が設けられている。これにより、空間SPに満たされた液体LQが外部に漏洩する不都合が防止されている。

【0061】

スリット板75及び光学素子76を保持した保持部材85は、凸部83の内壁面83Aに対して着脱可能となっている。保持部材85を取り付ける際には、凸部83の開口部84より光学素子76を保持した保持部材85を凸部83内部に挿入し（このときスリット板75は取り付けられていない）、不図示の固定部材で保持部材85と凸部83の内壁面

83Aとを固定する。次いで、開口部84にスリット板75が嵌め込まれる。一方、保持部材85を外す際には、スリット板75を開口部84より取り外した後、保持部材85を開口部84を介して引き抜けばよい。

【0062】

また、露光装置EXは、スリット板75と受光器90の光学素子76との間の空間SPに液体LQを供給する液体供給装置100と、その空間SPの液体LQを回収する液体回収装置104とを備えている。凸部83及び保持部材85の+X側の壁部には空間SPに接続する供給流路102が形成され、-X側の壁部には空間SPに接続する回収流路106が形成されている。また、液体供給装置100には供給管101の一端部が接続され、供給管101の他端部は継手103を介して供給流路102に接続されている。液体回収装置104には回収管105の一端部が接続され、回収管105の他端部は継手107を介して回収流路106に接続されている。また、供給管101及び回収管105のそれぞれの途中にはその流路を開閉するバルブ101A、105Aが設けられている。液体供給装置100、液体回収装置104、及びバルブ101A、105Aの動作は制御装置CONTによって制御され、制御装置CONTは、これらを制御して空間SPに対する液体LQの供給及び回収を行うことで、空間SPを液体LQで満たす。

【0063】

図7に示すように、スリット板75は、平面視長方形形状のガラス板部材74の上面中央部に設けられたクロム等からなる遮光膜72と、その遮光膜72の周囲、すなわちガラス板部材74の上面のうち遮光膜72以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射膜73と、遮光膜72の一部に形成された開口パターンであるスリット部71とを備えている。スリット部71においては透明部材であるガラス板部材74が露出しており、光はスリット部71を透過可能である。スリット部71はY軸方向を長手方向とする矩形形状（長方形形状）のスリットであって、所定幅2Dを有している。

【0064】

次に、上述した空間像計測装置70を使って投影光学系PLの結像特性を計測する手順について説明する。

【0065】

空間像（投影像）を計測するに際し、制御装置CONTは、基板ステージPSTを移動して、投影光学系PLとスリット板75とを対向させる（つまり図5に示す状態にする）。そして、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って投影光学系PLの先端部の光学素子60とスリット板75との間に液体LQを満たす。これと並行して（あるいはその前又は後に）、制御装置CONTは、液体供給装置100及び液体回収装置104を使って、受光器90の光学素子76とスリット板75との間に液体LQを満たす。ここで、以下の説明において、投影光学系PLとスリット板75との間に満たされたLQによって形成される液浸領域を「第1液浸領域LA1」と、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間に満たされた液体LQによって形成される液浸領域を「第2液浸領域LA2」と適宜称する。

【0066】

空間像の計測時において、マスクステージMSTには、後述する計測マークを備えたマスクMが支持されている。制御装置CONTは、照明光学系ILによりマスクMを露光光ELで照明する。前記計測マーク、投影光学系PL、及び第1液浸領域LA1の液体LQを介した光（露光光EL）は、スリット板75に照射される。そのスリット板75のスリット部71を通過した光は、第2液浸領域LA2の液体LQを介して光学素子76に入射する。

【0067】

投影光学系PLとスリット板75との第1液浸領域LA1の液体LQによって投影光学系の開口数NAが向上するため、投影光学系PLの開口数NAに応じて、受光器90の光学素子76の開口数NAも向上させないと、光学素子76は、投影光学系PLを通過した光を良好に（全て）取り込むことができない可能性があり、光を良好に受光できなくなる

。そこで、本実施形態のように、投影光学系PLとスリット板75との間に液体LQを満たすことによって投影光学系PLの開口数NAを向上させた場合には、スリット板75と受光器90の光学素子76との間にも液体LQを満たして受光器90の光学素子76の開口数NAを向上させることで、受光器90の光学素子76は投影光学系PLを介した光を良好に取り込むことができる。

【0068】

光学素子76は第2液浸領域LA2を介した光を集光する。光学素子76で集光された光は、ミラー77、光学素子78、及び送光レンズ79を介して基板ステージPSTの外部に導き出される。そして、その基板ステージPSTの外部に導き出された光は、ミラー80によって光路を折り曲げられ、受光レンズ81を介して光センサ82によって受光され、その光センサ82からその受光量に応じた光電変換信号（光量信号）が信号処理装置を介して制御装置CONTに出力される。

【0069】

後述するように、本実施形態では、計測マークの投影像（空間像）の計測はスリットスキャン方式により行われるので、その際には送光レンズ79が、受光レンズ81及び光センサ82に対して移動することになる。そこで、空間像計測装置70では、所定の範囲内で移動する送光レンズ79を介した光が全て受光レンズ81に入射するように、各レンズ及びミラー80の大きさが設定されている。

【0070】

空間像計測装置70では、光センサ82が基板ステージPSTの外部の所定位置に設けられているため、光センサ82の発熱に起因するレーザ干渉計44の計測精度等に及ぼす影響が可能な範囲で抑制される。また、基板ステージPSTの外部と内部とをライトガイド等により接続していないので、基板ステージPSTの外部と内部とがライトガイドにより接続された場合のように基板ステージPSTの駆動精度が影響を受けることがない。もちろん、熱の影響等を無視、あるいは排除できるような場合には、光センサ82を基板ステージPSTの内部に設けてもよい。すなわち、受光器90を構成する複数の光学素子や受光素子のうち、その一部が基板ステージPSTに設けられていてもよいし、全部が基板ステージPSTに設けられていてもよい。

【0071】

本実施形態において、「第1液浸領域LA1」と「第2液浸領域LA2」に用いる液体LQは、同一種の液体を用いても良く、あるいは異なる種類、特に露光光に対して屈折率の異なる液体を用いても良い。特に、「第1液浸領域LA1」に用いる液体は、投影光学系の先端に設けられた光学素子のNAまたは屈折率を考慮して選択するのが好適であり、一方、「第2液浸領域LA2」に用いる液体は、ガラス板部材74の屈折率、及び／又は光学素子76の寸法や屈折率を考慮して選択することができる。

【0072】

なお、本実施形態では、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間に液体LQを満たした空間像計測装置70を、液浸露光装置に適用した例について説明したが、投影光学系PLと基板Pとの間に液体LQを満たさずに露光するドライ露光装置（通常露光装置）についても、本発明に係る空間像計測装置70（受光器90）を適用することができる。ドライ露光装置において空間像を計測する際には、投影光学系PLとスリット板75とを対向させた状態で、投影光学系PLとスリット板75との間に液体LQを満たさずに、スリット板75と受光器90の光学素子76との間に液体LQを満たした状態で（第1液浸領域LA1を形成せずに第2液浸領域LA2のみを形成した状態で）、投影光学系PLを介した露光光ELがスリット板75に照射される。受光器90の光学素子76は、スリット板75と光学素子76との間に満たされた液体LQにより開口数NAを向上されるので、開口数NAの大きい（例えば $NA > 0.9$ ）投影光学系を備えているドライ露光装置においても光を良好に受光できる。また、例えば受光器90の光学素子76をスリット板75に密接させても投影光学系PLを通過した光を良好に受光することができ、受光器90全体をコンパクト化できるという効果が得られる。

【0073】

なお、本実施形態では、液体供給装置100及び液体回収装置104を使って液体LQの供給及び回収を行うことで、スリット板75と光学素子76との間の空間SPに液体LQを満たしているが、液体供給装置100及び液体回収装置104を使わずに、例えば露光装置EXの製造時において液体LQを空間SPに満たしておくといった構成も可能である。この場合、例えばスリット板75を凸部83（Zチルトステージ52）より外し、空間SPの液体LQを定期的に交換するようにしてもよいし、液体LQとして保存性に優れた交換不要な液体を用いてもよい。一方で、液体供給装置100及び液体回収装置104を使って液体LQの供給及び回収を行うことで、空間SPには常に新鮮な（清浄な）液体LQを満たすことが可能である。なお、空間像計測装置70の計測中、液体供給装置100及び液体回収装置104の液体供給動作及び液体回収動作を停止させてもよい。また、例えばスリット板75や光学素子76を保持した保持部材85を凸部83（Zチルトステージ52）から外す際に、液体回収装置104で空間SPの液体LQを回収した後に、スリット板75や光学素子76を保持した保持部材85を外すことにより、液体LQを漏出することなく着脱作業を行うことができる。

【0074】

なお、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間に液体LQを満たさずに、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間に、液体LQと略同じ屈折率を有する光透過性部材（光学部材、ガラス部材）を配置してもよい。そのような光透過性部材としては、例えば石英や螢石が挙げられる。本実施形態における液体LQは純水であってArFエキシマレーザ光に対する純水の屈折率はほぼ1.44とされている。一方、ArFエキシマレーザ光に対する石英の屈折率はほぼ1.56とされている。したがって、液体（純水）LQによる第2液浸領域LA2を形成する代わりに、スリット板75と光学素子76との間に、石英からなる光透過部材を配置してもよい。

【0075】

以下、空間像計測装置70を用いた空間像計測動作の一例について図5等を参照しながら説明する。上述したように、図5は空間像を計測している状態を示す図である。空間像計測時において、マスクMとしては、空間像計測専用のものあるいはデバイスの製造に用いられるデバイス製造用マスクに専用の計測マークを形成したものなどが用いられる。また、これらマスクの代わりに、マスクステージMSTにマスクと同材質のガラス材料からなる固定のマーク板（フィデュシャルマーク板）を設け、このマーク板に計測マークを形成したものをを用いてもよい。

【0076】

マスクMには、所定の位置にX軸方向に周期性を有するライン部の幅とスペース部の幅との比（デューティー比）が1：1のラインアンドスペース（L/S）マークからなる計測用マークPMxと、Y軸方向に周期性を有するデューティー比が1：1のL/Sマークからなる計測マークPMyとが相互に近接して形成されている。これら計測マークPMx、PMyは同一線幅のラインパターンからなる。また、空間像計測装置70を構成するスリット板75には、図8（a）に示すように、Y軸方向に延びる所定幅2Dのスリット部71xと、X軸方向に延びる所定幅2Dのスリット部71yとが、図8（a）に示されるような所定の位置関係で形成されている。このように、スリット板75には、実際には複数のスリット部71x、71y等が形成されているが、図1～図7等にはこれらスリット部を代表してスリット部71として図示されている。

【0077】

例えば、計測マークPMxの空間像の計測にあたり、制御装置CONTにより、図1に示される可動マスクブラインド7Bが不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、露光光ELの照明領域が計測マークPMx部分を含む所定領域に制限される。この状態で、制御装置CONTにより光源1の発光が開始され、露光光ELが計測マークPMxに照射されると、計測マークPMxによって回折、散乱した光（露光光EL）は、投影光学系PLにより屈折され、投影光学系PLの像面に計測マークPMxの空間像（投影像）が形成

される。このとき、基板ステージPSTは、図8(a)に示すように、スリット板75上のスリット部71xの+X側(又は-X側)に計測マークPMxの空間像PMx'が形成される位置に設けられているものとする。

【0078】

そして、制御装置CONTの指示のもと、基板ステージ駆動装置PSTDにより、基板ステージPSTが図8(a)中に矢印Fxで示されるように+X方向に駆動されると、スリット部71xが空間像PMx'に対してX軸方向に走査される。この走査中に、スリット部71xを通過する光(露光光EL)が基板ステージPST(Zチルトステージ52)内の受光光学系、基板ステージPST外部のミラー80及び受光レンズ81を介して光センサ82で受光され、その光電変換信号が信号処理装置に供給される。信号処理装置では、その光電変換信号に所定の処理を施して、空間像PMx'に対応する光強度信号を制御装置CONTに供給する。なおこの際、信号処理装置では、光源1からの露光光ELの発光強度のばらつきによる影響を抑えるために、図1に示されるインテグレータセンサ33の信号により光センサ82からの信号を規格化した信号を制御装置CONTに供給するようになっている。図8(b)には、上記の空間像計測の際に得られる光電変換信号(光強度信号)の一例が示されている。

【0079】

なお、計測マークは、上述のマークに限らず、計測対象の結像特性や計測精度などに応じて適宜定めることができる。

【0080】

計測マークPMyの空間像を計測する場合には、基板ステージPSTを、スリット板75上のスリット部71yの+Y側(又は-Y側)に計測マークPMyの空間像が形成される位置に設けて、上記と同様のスリットスキャン方式による計測を行うことにより、計測マークPMyの空間像に対応する光電変換信号(光強度信号)を得ることができる。

【0081】

結像特性調整情報などを得るための計測に際しては、まず初期調整の際に、投影光学系PLの光学素子64a、64bを1つずつ駆動しながら、また第1、第2密閉室65A、65Bの圧力を1つずつ変更しながら、投影光学系PLのフォーカス、及びその他の所定の結像特性(例えば像面湾曲、倍率、ディストーション、コマ収差、球面収差などの諸収差のうちの少なくとも一つ)を、後述するようにして空間像計測装置70を用いて測定し、光学素子64a、64bの駆動量、及び第1、第2密閉室65A、65Bにおける圧力変化に対する結像特性変化量を求める。

【0082】

以下、結像特性の計測動作の一例として、投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出方法について説明する。この場合、前提条件として照明系開口絞り板4の通常絞りが選択され、照明条件として通常照明条件が設定されているものとする。ベストフォーカス位置の検出には、例えば、線幅1 μ m、デューティ比50%のL/Sパターンからなる計測マークPMx(又はPMy)を形成されたマスクMが用いられる。まず、不図示のローダ装置によりマスクMがマスクステージMSTにロードされる。次に、制御装置CONTは、マスクM上の計測マークPMxが投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークPMx部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、マスクMに露光光ELを照射して、前述と同様にして、基板ステージPSTをX軸方向に走査しながら、空間像計測装置70を用いて計測マークPMxの空間像計測をスリットスキャン方式により行う。この際、制御装置CONTは、基板ステージ駆動装置PSTDを介してスリット板75のZ軸方向の位置(すなわち、Zチルトステージ52の位置)を所定のステップピッチで変化させつつ、計測マークPMxの空間像計測を複数回繰り返し、各回の光強度信号(光電変換信号)を記憶装置MRYに記憶する。なお、上記のスリット板75のZ軸方向の位置の変化は、Zチルトステージ52のエンコーダ58A、58B、5

8Cの計測値に基づき、アクチュエータ59A、59B、59Cを制御することにより行われる。そして、制御装置CONTは、前記繰り返しにより得られた複数の光強度信号（光電変換信号）をそれぞれフーリエ変換し、それぞれの1次周波数成分と0次周波数成分との振幅比であるコントラストを求める。そして、制御装置CONTは、そのコントラストが最大となる光強度信号に対応するZチルトステージ52のZ位置（すなわち、スリット板75のZ軸方向の位置）を検出し、この位置を投影光学系PLのベストフォーカス位置として決定する。コントラストはフォーカス位置（デフォーカス量）に応じて敏感に変化するので、投影光学系PLのベストフォーカス位置を精度良く且つ容易に計測（決定）することができる。制御装置CONTは、求めたベストフォーカス位置に基づいて、フォーカス検出系45の検出原点（検出基準点）の再設定（校正）であるフォーカスキャリブレーションを行う。これにより、以後、フォーカス検出系45によって基板ステージPST上の所定面（例えば、基板P表面あるいはスリット板75表面）をマスクMの基準面と光学的に共役な位置に位置決めすることができる。

【0083】

なお、2次以上の高次の実数の周波数成分の振幅は一般に小さく、電気的なノイズ、光学的なノイズに対する振幅が十分に取れない場合もあるが、S/N比（シグナル／ノイズ比）の点で問題がない場合には高次の周波数成分の振幅比の変化を観測してもベストフォーカス位置を求めることができる。なお、上述したコントラストを用いる方法に限らず、光強度信号の微分値が最大となるZ位置（フォーカス位置）を検出する手法によってもベストフォーカス位置の検出が可能である。

【0084】

また、ここでは投影光学系PLのベストフォーカス位置の計測をする際に、スリット部71（スリット板75）をXY平面内の所定方向にスキャンさせる方法（スリットスキャン方式）について説明したが、孤立線マークなどの計測マークの空間像を投影光学系PLの像面上に形成し、この空間像に対してスリット部71（スリット板75）を光軸AX方向（Z軸方向）に相対走査されるように、スリット板75（Zチルトステージ52）をベストフォーカス位置を中心とする所定ストローク範囲でZ軸方向に沿って走査（スキャン）してもよい。そして、そのときの光強度信号（ピーク値）に基づいてベストフォーカス位置を求める。この場合、像面上において計測マークの空間像が、スリット部71（71×又は71y）の形状とほぼ一致するような寸法、形状となる計測マークを用いることが好ましい。このような空間像計測を行えば、図9に示すような光強度信号を得ることができる。この場合、この光強度信号の信号波形のピークの位置を直接見つけることにより、その点のZ位置をベストフォーカス位置Z₀としてもよく、あるいは光強度信号を所定のスライスレベルラインSLでスライスし、光強度信号とスライスレベルラインSLとの2つの交点の midpoint のZ位置をベストフォーカス位置Z₀としてもよい。いずれにしても、この方法では、スリット板75をZ軸方向に一回走査するだけでベストフォーカス位置を検出可能であるため、スループットを向上できる。

【0085】

次に、結像特性の計測動作の一例として、投影光学系PLの像面形状（像面湾曲）の検出方法について説明する。この像面湾曲の検出に際しては、一例として図10に示すような、パターン領域PA内に前記計測マークPM_xと同一寸法同一周期の計測マークPM₁～PM_nを形成されたマスクM1が用いられる。マスクM1がマスクステージMSTにロードされた後、制御装置CONTは、マスクM1の中央にある計測マークPM_kが投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。すなわち、マスクM1の基準点への位置決めが行われる。この基準点への位置決めが行われた場合には、計測マークPM₁～PM_nの全ては投影光学系PLの視野内に位置しているものとする。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークPM₁部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、露光光ELをマスクM1に照射して、前述と同様にしてスリットスキャン方式により空間像計測装置70を用いて計測マ

ーク PM_1 の空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。計測マーク PM_1 を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L が計測マーク PM_2 部分のみに照射されるように可動マスクブラインド $7B$ を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様にスリットスキャン方式で計測マーク PM_2 の空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。以後、制御装置 $CONT$ は、上記と同様に、照明領域を変更しつつ計測マーク $PM_3 \sim PM_n$ について空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を繰り返し行う。そして、制御装置 $CONT$ は、これらにより得られた各ベストフォーカス位置 Z_1, Z_2, \dots, Z_n に基づいて所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系 PL の像面湾曲を算出する。

【0086】

また、投影光学系 PL の球面収差を検出する際には、図11に示すマスク $M2$ が用いられる。図11に示すマスク $M2$ のパターン領域 PA 内の Y 軸方向のほぼ中央に、 X 軸方向に所定距離隔てて2つの計測マーク $PM1, PM2$ が形成されている。計測マーク $PM1$ は、前述した計測マーク PMx と同一寸法同一周期の L/S パターンである。また、計測マーク $PM2$ は、計測マーク PMx と同一寸法のラインパターンが異なる周期（例えば、計測マーク $PM1$ の周期（マークピッチ）の1.5～2倍程度）で X 軸方向に並んだ L/S パターンである。マスク $M2$ をマスクステージ MST にロードした後、制御装置 $CONT$ は、マスク $M2$ 上の計測マーク $PM1$ が投影光学系 PL の光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置 $MSTD$ を介してマスクステージ MST を移動する。次に、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L が計測マーク $PM1$ 部分のみに照射されるように、可動マスクブラインド $7B$ を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L をマスク $M2$ に照射して、前述と同様に、スリットスキャン方式により空間像計測装置70を用いて計測マーク $PM1$ の空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。計測マーク $PM1$ を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L が計測マーク $PM2$ に照射されるように、マスクステージ駆動装置 $MSTD$ を介してマスクステージ MST を $-X$ 方向に所定距離移動する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マーク $PM2$ の空間像計測及び投影光学系 PL のベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。これらより得られた各ベストフォーカス位置 Z_1 と Z_2 との差に基づいて、制御装置 $CONT$ は、投影光学系 PL の球面収差を演算により算出する。

【0087】

また、投影光学系 PL の倍率及びディストーションを検出する際には、図12に示すマスク $M3$ が用いられる。図12に示すマスク $M3$ のパターン領域 PA の中心部及び4隅の部分に、合計5つの例えば $120\mu m$ 角（投影倍率 $1/4$ 倍でスリット板75上で $30\mu m$ 角）の正方形マークからなる計測マーク $BM_1 \sim BM_5$ が形成されている。マスク $M3$ をマスクステージ MST にロードした後、制御装置 $CONT$ は、マスク $M3$ 上の中央に存在する計測マーク BM_1 の中心が、投影光学系 PL の光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置 $MSTD$ を介してマスクステージ MST を移動する。すなわち、マスク $M3$ の基準点への位置決めを行う。この基準点への位置決めが行われた状態では、計測マーク $BM_1 \sim BM_5$ の全ては、投影光学系 PL の視野内に位置しているものとする。次に、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L が計測マーク BM_1 を含む計測マーク BM_1 より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド $7B$ を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置 $CONT$ は、露光光 E_L をマスク $M3$ に照射する。これにより、計測マーク BM_1 の空間像、すなわちほぼ $30\mu m$ 角の正方形形状のマーク像が形成される。この状態で、制御装置 $CONT$ は、基板ステージ駆動装置 PSD を介して基板ステージ PS を X 軸方向に走査しながら空間像計測装置70を用いて計測マーク BM_1 の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置 MR

Yに記憶する。次に、制御装置CONTは、得られた光強度信号に基づき、例えば公知の位相検出の手法あるいはエッジ検出の手法により、計測マークBM₁の結像位置を求める。ここで、位相検出の手法としては、例えば、光強度信号をフーリエ変換して得られる1次周波数成分（これは、正弦波とみなせる）とこれと同一周波数の基準となる正弦波との積の例えば1周期分の和を求めるとともに、前記1次周波数成分とこれと同一周期の基準となる余弦波との積の例えば1周期分の和を求める。そして、得られた和どうしを除算して得られた商の逆正弦（アークタンジェント）を求めることにより、1次周波数成分の基準信号に対する位相差を求め、この位相差に基づいて計測マークBM₁のX位置 x_1 を求めるという一般的な方法を用いることができる。また、エッジ検出の手法としては、光強度信号と所定のスライスレベルとの交点に基づいて各光電変換信号に対応する空間像のエッジの位置をそれぞれ算出する、スライス法を用いたエッジ検出の手法を用いることができる。次に、制御装置CONTは、基板ステージPSTをY軸方向に走査しながら空間像計測装置70を用いて計測マークBM₁の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置MR Yに記憶する。そして、上記と同様の位相検出等の手法により、計測マークBM₁のY位置 y_1 を求める。そして、制御装置CONTは、得られた計測マークBM₁の座標位置（ x_1 、 y_1 ）に基づいて、マスクM3の光軸中心に対する位置ずれを補正する。上記のマスクM3の位置ずれの補正が終了すると、制御装置CONTは、露光光ELが計測マークBM₂を含む計測マークBM₂より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マークBM₂の空間像計測及びXY位置の計測を行い、その結果を記憶装置MR Yに記憶する。以後、制御装置CONTは、照明領域を変更しつつ、計測マークBM₃～BM₅について空間像の計測及びXY位置の計測を繰り返し行う。これにより得られた計測マークBM₂～BM₅の座標値（ x_2 、 y_2 ）、（ x_3 、 y_3 ）、（ x_4 、 y_4 ）、（ x_5 、 y_5 ）に基づいて、所定の演算を行うことにより、制御装置CONTは投影光学系PLの倍率及びディストーションの少なくとも一方を算出する。

【0088】

以上、一例として投影光学系PLのベストフォーカス位置、像面湾曲、球面収差、倍率、及びディストーションを空間像計測装置70を用いて計測する手順について説明した。なお、所定の計測マークを使って、空間像計測装置70は、例えばコマ収差等の他の結像特性に関しても計測可能である。

【0089】

このように、投影光学系PLの結像特性をスリットスキャン方式で計測する際には、投影光学系PLを介した光（露光光EL）に対してスリット板75（スリット部71）を相対的に移動しながら、液体LQを介して受光器90（光学素子76）に光が照射される。

【0090】

制御装置CONTは、上記計測した投影光学系PLの結像特性情報に基づいて、所望の結像特性を得るための補正量、具体的には投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量を求める。ここで、記憶装置MR Yには、例えば実験あるいはシミュレーション等によって予め求められている、投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量と、投影光学系PLの各種結像特性の変化量（変動量）との関係（すなわち結像特性調整情報）が記憶されている。制御装置CONTは、記憶装置MR Yに記憶されている上記関係を参照し、投影光学系PLの結像特性を所望状態に補正するための、投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量を含む補正量を求める。なお、空間像計測の詳細は、例えば特開2002-14005号公報に開示されている。

【0091】

以下、露光装置EXを用いてデバイス製造用パターンを基板Pに露光する手順について説明する。

【0092】

空間像計測装置70による投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性の計測、及び前記結像特性を補正するための補正量の導出を行った後、制御装置CONTは、投影光学系PLと基板ステージPST上にロードされた基板Pとを対向させるように基板ステージ駆動装置PSTDを介して基板ステージPSTを駆動する。なおこのとき、マスクステージMSTにはデバイス製造用パターンが形成されたマスクMがロードされている。そして、制御装置CONTは、液体供給機構10の液体供給部11を駆動し、供給管12及び供給ノズル13を介して単位時間あたり所定量の液体LQを基板P上に供給する。また、制御装置CONTは、液体供給機構10による液体LQの供給に伴って液体回収機構20の液体回収部(真空系)21を駆動し、回収ノズル23及び回収管22を介して単位時間あたり所定量の液体LQを回収する。これにより、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間に液体LQの液浸領域AR2が形成される。

【0093】

そして、制御装置CONTは、照明光学系ILLによりマスクMを露光光ELで照明し、マスクMのパターンの像を投影光学系PL及び液体LQを介して基板Pに投影する。ここで、基板Pに対する露光処理を行う際には、制御装置CONTは、上記求めた補正量に基づいて、投影光学系PLの光学素子64a、64bを駆動したり、第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力を調整し、投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性を調整しながら露光処理を行う。

【0094】

走査露光時には、投影領域AR1にマスクMの一部のパターン像が投影され、投影光学系PLに対して、マスクMが-X方向(又は+X方向)に速度Vで移動するのに同期して、基板ステージPSTを介して基板Pが+X方向(又は-X方向)に速度 $\beta \cdot V$ (β は投影倍率)で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Pの移動方向と平行に、基板Pの移動方向と同一方向に液体LQを流すように設定されている。つまり、矢印Xa(図3参照)で示す走査方向(-X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管12、供給ノズル13A~13C、回収管22、及び回収ノズル23A、23Bを用いて、液体供給機構10及び液体回収機構20による液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが-X方向に移動する際には、供給ノズル13(13A~13C)より液体LQが投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル23(23A、23B)より基板P上の液体LQが回収され、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間を満たすように-X方向に液体LQが流れる。一方、矢印Xb(図3参照)で示す走査方向(+X方向)に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管15、供給ノズル16A~16C、回収管25、及び回収ノズル26A、26Bを用いて、液体供給機構10及び液体回収機構20による液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが+X方向に移動する際には、供給ノズル16(16A~16C)より液体LQが投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル26(26A、26B)より基板P上の液体LQが回収され、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間を満たすように+X方向に液体LQが流れる。この場合、例えば供給ノズル13を介して供給される液体LQは基板Pの-X方向への移動に伴って光学素子60と基板Pとの間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給機構10(液体供給部11)の供給エネルギーが小さくても液体LQを光学素子60と基板Pとの間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体LQを流す方向を切り替えることにより、+X方向、又は-X方向のどちらの方向に基板Pを走査する場合にも、光学素子60と基板Pとの間を液体LQで満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

【0095】

なお、上記実施形態においては、空間像計測装置70による計測動作中に、液体供給機

構10の液体供給及び液体回収機構20による液体回収を行って、投影光学系PLの光学素子60とスリット板75との間で液体LQが流れるようにしているが、光の照射による液体LQの温度変化や液体LQの劣化が少ない場合には、計測前に液体供給機構10で液体LQを供給し、計測動作中には、液体供給機構10による液体供給及び液体回収機構20による液体回収のいずれの動作も停止し、計測動作終了後に、液体回収機構20による液体LQの回収を行うようにしてもよい。

【0096】

以下、本発明の別の実施形態について説明する。以下の説明において上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

【0097】

図13は空間像計測装置70の別の実施形態を示す図である。図13において、空間像計測装置70の受光器90うち、光センサ82がスリット板75に最も近い位置に配置され、その光センサ82とスリット板75との間の空間SPに液体LQが満たされている。光センサ82は保持部材85で保持されている。光センサ82の受光面82Aと保持部材85の内底面85Aとは面一となっている。このような構成によっても、光センサ82は、投影光学系PL、第1液浸領域LA1、スリット板75、及び第2液浸領域LA2を通過した光を良好に受光することができる。

【0098】

図14は、空間像計測装置70の別の実施形態を示す。図14に示すように、光センサ82の受光面82Aは、スリット板75の下面に密接している。すなわち図14に示す例においては、第2液浸領域LA2は形成されていない。このように、受光器90の光センサ82をスリット板75に接するように配置することで、投影光学系PLとスリット板75との間に液体LQを満たして投影光学系PLの開口数NAを実質的に向上させた場合においても、受光器90（受光素子82）は投影光学系PLを介した光を良好に受光することができる。

【0099】

なお、光センサ82をスリット板75に接する構成の場合、スリット板75（ガラス板部材74）は、第1液浸領域LA1の液体LQの重みで撓まない程度に極力薄いことが好ましい。更には、受光センサ82の受光面82Aをガラス板部材74より上方に露出させる構成も可能である。一方、受光面82Aを露出させずに光センサ82の受光面82Aの上にスリット板75（ガラス板部材74）を設けることにより、平坦領域が大きくなるので、第1液浸領域LA1を良好に形成することができる。

【0100】

なお、光センサ82をスリット板75の下面に接合するために接着剤を用いることができる。この場合、接着剤は、露光光に対して高い透過率を有し、スリット部（光透過部）71を通過した露光光が光センサ82の受光面82Aに入射できるような屈折率を有するものが望ましい。

【0101】

また、図14の実施形態においては、スリット板75の下面に光センサ82を密接させる構成となっているが、スリット板75（ガラス板部材74）の下面に受光素子をパターンニングしてもよい。

【0102】

ところで、上述したように、投影光学系PLの結像特性をスリットスキャン方式で計測する際には、投影光学系PLを介した光（露光光EL）に対してスリット板75（スリット部71）を相対的に移動しながら、液体LQを介して受光器90（光学素子76）に光が照射される。この場合、スリット板75の移動によって、受光器90による受光動作中に、投影光学系PLとスリット板75との間の第1液浸領域LA1の液体LQを介して投影光学系PL（先端部の光学素子60）を振動させてしまったり、あるいはその液体LQの力によってスリット板75が撓んだり変動して空間像計測精度を低下させる不都合が生

じる可能性がある。

【0103】

そこで、図15に示すように、スリット板75の所定位置に貫通穴120を設けることにより、投影光学系PLに対してスリット板75が移動しても、投影光学系PLとスリット板75との間の第1液浸領域LA1の液体LQは、貫通穴120を介して空間SPに逃げるできるので、スリット板75が移動しても、投影光学系PLとスリット板75との間の第1液浸領域LA1の液体LQの圧力と、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間の第2液浸領域LA2の液体LQの圧力との差が生じず、スリット板75が撓む等の不都合は生じない。スリット板75が移動したとき、第1液浸領域LA1の液体LQは横方向（スリット板75の面方向）にも移動するが、貫通穴120を設けて上下方向にも移動可能とすることにより、スリット板75が撓む等の不都合の発生をより一層防止することができる。また、貫通穴120を介して液体LQが第1液浸領域LA1と第2液浸領域LA2との間を移動可能であるので、投影光学系PLとスリット板75との間の第1液浸領域LA1の液体LQの大きな圧力変動も生じないため、そのスリット板75の移動に伴う液体LQの圧力変動によって投影光学系PLを変動（振動）させる不都合の発生を防止することができる。

【0104】

図16は、図15のスリット板75の平面図である。図16に示すように、貫通穴120は複数、本実施形態では4つ設けられている。これら複数（4つ）の貫通穴120は、スリット板75のスリット部71を挟んで対向する位置にそれぞれ設けられている。貫通穴120は、投影光学系PLとスリット板75との間に満たされた液体LQの第1液浸領域LA1の内側に設けられている。これにより、スリット板75が移動した際にも第1液浸領域LA1の液体LQは貫通穴120を介して空間SPに逃げる事ができる。そして、貫通穴120は、スリット板75の略中央部に設けられたスリット部71を挟んで対向するように形成され、スリット板75の中心に対して点対称な位置にそれぞれ形成された構成となっているため、スリット板75の面精度を維持することができる。

【0105】

なお、貫通穴120は4つに限らず任意の複数設けられてもよいし、1つであってもよい。また、図16に示すように本実施形態では、貫通穴120はスリット部71を囲むように等間隔に設けられているが不等間隔であってもよい。また、スリット部71（の中心）と複数の貫通穴120のそれぞれとの距離は同じであっても異なってもよい。

【0106】

ところで、スリット板75に貫通穴120を設けた場合において、第2液浸領域LA2を形成するために空間SPに液体LQを満たす場合、図6等を参照して説明した液体供給装置100及び液体回収装置104を使う構成の他に、液体供給機構10を使って、貫通穴120を介して、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間の空間SPに液体LQを供給するようにしてもよい。また、液体回収機構20を使って、貫通穴120を介して、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間の空間SPの液体LQを回収するようにしてもよい。すなわち、露光処理時に投影光学系PLと基板Pとの間に液体LQを供給可能な液体供給機構10及び投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQを回収可能な液体回収機構20を使って、スリット板75と受光器90（光学素子76）との間の第2液浸領域LA2を形成するようにしてもよい。

【0107】

液体供給機構10を使って第2液浸領域LA2を形成する際、図17（a）に示すように、液体供給機構10は供給ノズル13から貫通穴120を介して空間SPに液体LQを供給する。また、スリット板75上の液体LQ（空間SPから貫通穴120を介して溢れ出た液体LQも含む）は、液体回収機構20の回収ノズル23から回収される。こうして、図17（b）に示すように、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って、第1液浸領域LA1及び第2液浸領域LA2のそれぞれが形成される。

【0108】

受光器90が投影光学系PLを介した光(露光光EL)を液体LQ及びスリット板75を介して受光した後、液体回収機構20はスリット板75上の第1液浸領域LA1の液体LQを回収する。その後、露光処理のために基板ステージPSTが移動し、投影光学系PLと基板Pとを対向させるが、このとき、図17(c)に示すように、スリット板75は投影光学系PLの下から退避される。そして、投影光学系PLの下から退避されたスリット板75の貫通穴120には蓋部材122が被せられる。本実施形態において、蓋部材122はスリット板75全体を覆うことで、貫通穴120を閉じる。なおこの蓋部材122は、蓋機構を構成するアーム122Aによってスリット板75上に被せられる。そして、蓋部材122で貫通穴120を閉じた状態で、基板Pに対する露光処理が行われる。基板Pに対する露光処理中においては基板ステージPSTが移動するが、その基板ステージPSTの移動に伴って、空間SPの液体LQが貫通穴120を介して外部に漏洩(飛散)する可能性がある。そこで、少なくとも基板Pに対する露光処理中には、蓋部材122で貫通穴120を塞ぐことにより、空間SPの液体LQが貫通穴120を介して外部に漏洩する不都合を防止することができる。また、空間SPの液体LQが気化して露光装置EXのおかれている環境を変化させる不都合も防止できる。なお、受光器90を使って液体LQを介して光を検出する際には、アーム122Aが蓋部材122をスリット板122上から取り外した後、図17(a)、(b)に示したように、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って第1、第2液浸領域LA1、LA2が形成される。なお、蓋機構としては上記説明した形態に限られず、例えばスリット板75あるいは凸部83の所定位置にヒンジ部を介して蓋部材を取り付け、アクチュエータを使って、受光器90による計測処理中には蓋部材を開け、基板Pに対する露光処理中には蓋部材を閉じるといった構成も可能である。

【0109】

スリット板75と受光器90との間の空間SP内部と外部とを連通する穴部としては、スリット板75に設けられた貫通穴120の他に、図18に示すように、第1液浸領域LA1の外側に設けられた第2貫通穴も含まれる。図18は第2貫通穴130を設けた例を示す断面図、図19は平面図である。図18及び図19において、Zチルトステージ52の上面であって凸部83の周囲には、この凸部83を囲むように周壁部132が設けられている。また、周壁部132の上部には蓋部材134が設けられており、凸部83、周壁部132、及び蓋部材134によって、バッファ空間部136が形成されている。そして、凸部83及び保持部材85の壁部の所定位置には、空間SPとバッファ空間部136とを接続する第2貫通穴130が形成されている。本実施形態において、第2貫通穴130は図19に示すように、空間SPの周囲に所定間隔で複数(ここでは8つ)設けられている。なお、第2貫通穴130の数及び配置は任意に設定可能である。第2貫通穴130を設けたことにより、スリット板75が移動して第1液浸領域AR1の体積が変化しても、第1液浸領域LA1に貫通穴120を介して接続する第2液浸領域LA2の液体LQは、第2貫通穴130を介してバッファ空間部136に逃げる事ができる。したがって、第1液浸領域LA1の圧力変動等といった不都合をより一層防止することができる。

【0110】

図18及び図19に示した実施形態の変形例として、図20に示すように、第2貫通穴130をスリット板75に設けてもよい。第2貫通穴130は第1液浸領域LA1の外側に設けられている。図21は図20のスリット板75の平面図である。図21に示すように、第2貫通穴130は複数、本実施形態では8つ設けられている。そして、これら複数(8つ)の第2貫通穴130は、スリット板75のスリット部71を挟んで対向する位置にそれぞれ設けられている。これにより、スリット板75が移動した際に第1液浸領域LA1の液体LQが貫通穴120を介して空間SPに逃げたとき、その空間SPの液体LQは第2貫通穴130を介して外部に逃げる事ができる。

【0111】

スリット部75に形成された第2貫通穴130から液体LQが溢れ出たとき、その液体LQはスリット板75(凸部83)の外側に流出するが、Zチルトステージ52上におい

てスリット板75が設けられた凸部83の周囲には、第2貫通穴130から流出した液体LQを回収する回収機構140が設けられている。回収機構140は、Zチルトステージ52上において凸部83の周囲に設けられた溝部141と、溝部141に配置され液体LQを保持可能な多孔質セラミックスやスポンジ状部材からなる多孔質部材142と、溝部141に流路143を介して接続された液体収容部であるタンク144と、タンク144に流路146を介して接続された真空ポンプ等からなる真空系145とを備えている。また、流路146にはこの流路146を開閉するバルブ146Aが設けられており、タンク144には排出流路144Aが接続されている。第2貫通穴130から凸部83の周囲に流出した液体LQは、溝部141に配置されている多孔質部材142に保持される。回収機構140は、バルブ146Aを作動して流路146を開放した状態で真空系145を駆動することにより、溝部141（多孔質部材142）の液体LQをその周囲の気体とともに吸い込むようにして回収する。回収された液体LQはタンク144に集められる。タンク144に液体LQが溜まったとき、排出流路144Aより排出される。このとき液体LQはタンク144の下方に集められるため、真空系145には液体LQは流入しない。つまり、タンク144で、溝部141から回収された液体LQとその周囲の気体とが気液分離される。回収機構140を設けたことにより、Zチルトステージ52上に第2貫通穴130や第1液浸領域LA1から流出した液体LQが残存する不都合を防止できる。

【0112】

なお、貫通穴120（あるいは第2貫通穴130）に、その貫通穴120の大きさを変える可変機構を設けてもよい。例えば、空間像計測中には、貫通穴120（あるいは第2貫通穴130）を大きくすることにより、貫通穴120を通過する際の液体LQの粘性抵抗を低下することができ、液体LQは円滑に移動できる。また、貫通穴120を大きくすることで、図17を参照して説明したように、貫通穴120を介して空間SPに液体LQを注入しやすくなる。そして、空間像計測以外の時（具体的には露光動作時）においては、可変機構で貫通穴120（あるいは第2貫通穴130）を小さくしたりあるいは塞ぐことにより、空間SPの液体LQが気化して露光装置EXのおかれている環境を変化させたり、あるいは基板ステージPSTの移動に伴って液体LQが空間SPから外部に流出する不都合の発生を防止できる。

【0113】

ところで、上記各実施形態では、スリット板75上の一部の領域に局所的に第1液浸領域LA1を形成する構成であるが、図22に示すように、スリット板75全体を液体LQに浸けるようにしてもよい。図22において、Zチルトステージ52上には桶部材150が設けられており、スリット板75は、桶部材150の底部150B上に取り付けられた支持部材151で支持されている。また、スリット板75の下方（光路下流側）には保持部材85に保持された光学素子76が配置されている。保持部材85も桶部材150の底部150Bに取り付けられている。支持部材151には、スリット板75と光学素子76との間の空間SP内部と外部とを連通する第2貫通穴130が設けられている。桶部材150の開口部150A上端は、スリット板75、液体供給ノズル13の供給口13A、及び液体回収ノズル23の回収口23Aより高い位置にある。

【0114】

第1液浸領域LA1及び第2液浸領域LA2を形成する際には、投影光学系PLと桶部材150内部のスリット板75とを対向させた後、液体供給機構10が駆動され、供給ノズル13から桶部材150内部に液体LQが供給される。桶部材150内部に供給された液体LQは、投影光学系PLの先端部の光学素子60とスリット板75との間に満たされて第1液浸領域LA1を形成するとともに、貫通穴120や第2貫通穴130を介してスリット板75と光学素子76との間の空間SPに満たされて第2液浸領域LA2を形成する。また、これと並行して、液体回収機構20を駆動し回収ノズル23から桶部材150内部の液体LQを回収することにより、桶部材150内部には所定量の液体LQが満たされることになる。

【0115】

上記各実施形態では、光学部材（スリット板）75及び受光器90を、投影光学系PLの結像特性を計測する空間像計測装置70に適用した例について説明したが、図23に示すように、基板ステージPST上には、空間像計測装置70の他に、投影光学系PLを介した光照射量情報を計測する例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）160や、例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサ170等も設けられている。これら照射量センサ160や照度ムラセンサ170に対しても本発明を適用可能である。

【0116】

図24は、照射量センサ160の模式図である。照射量センサ160は、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照射量（照度）を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板163と、その上板163を通過した光を受光する光センサ164とを備えている。上板163は、ガラス板部材162と、そのガラス板部材162の上面に設けられた光透過量調整膜161とを備えている。光透過量調整膜161は例えばクロム膜によって構成されており、所定の光透過率を有し、ガラス板部材162の上面全域に設けられている。光透過量調整膜161を設けて光センサ164に入射する光量を減光することにより、過剰な光量の光が照射されることに起因する光センサ164に対するダメージや飽和といった不都合を防止している。なお照射量センサ160では、例えばマスクMが交換されたとき等の所定のタイミングで計測動作が行われる。

【0117】

そして、照射量センサ160で投影光学系PLを通過した露光光ELの照射量を計測する際には、上述した実施形態同様、投影光学系PLと上板163とを対向した状態で投影光学系PLと上板163との間に液体LQを供給して第1液浸領域LA1を形成するとともに、上板163と光センサ164との間に液体LQを供給して第2液浸領域LA2を形成し、投影光学系PLと第1液浸領域LA1の液体LQとを介して上板163に露光光ELを照射する。なお、上板163と光センサ164との間に光学系（光学素子）を配置してもよく、その場合、第2液浸領域LA2は上板163とその上板163に最も近い位置に配置された光学素子との間に形成される。また、上板163に光センサ164を密接してもよい。

【0118】

図25は、照度ムラセンサ170の模式図である。照度ムラセンサ170は、投影光学系PLを介して像面側に照射される露光光の照度（強度）を複数の位置で計測して、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照度ムラ（照度分布）を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板174と、その上板174に設けられたピンホール部171を通過した光を受光する光センサ175とを備えている。上板174は、ガラス板部材173の表面にクロムなどの遮光性材料を含む薄膜172を設け、その薄膜172をパターンニングしてその中央部にピンホール部171を設けたものである。

【0119】

照度ムラセンサ170で照度分布の計測を行う場合、投影光学系PLと照度ムラセンサ170の上板174とを対向させた状態で、その投影光学系PLと上板174との間を液体LQで満たすとともに、上板174と光センサ175との間も液体LQで満たす。そして、露光光ELが照射される照射領域（投影領域）内の複数の位置で順次ピンホール部171を移動させる。なお、上板174と光センサ175との間に光学系（光学素子）を配置してもよく、その場合、第2液浸領域LA2は上板174とその上板174に最も近い位置に配置された光学素子との間に形成される。また、上板174と光センサ175とを密接してもよい。

【0120】

更に本発明は、例えば特開平11-238680号公報や特開2000-97616号公報に開示されている、基板ステージPST（Zステージ51）に対して脱着可能なセンサにも適用できる。

【0121】

上述したように、本実施形態における液体LQは純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトリソグラフィや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

【0122】

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約1/1.44に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空气中に比べて約n倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【0123】

本実施形態では、投影光学系PLの先端に光学素子60が取り付けられているが、投影光学系PLの先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系PLの光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光ELを透過可能な平行平板であってもよい。

【0124】

なお、本実施形態の液体LQは水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光ELの光源がF₂レーザである場合、このF₂レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体LQとしてはF₂レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル（PFPE）等のフッ素系の液体を用いればよい。また、液体LQとしては、その他にも、露光光ELに対する透過性がある程度だけ屈折率が高く、投影光学系PLや基板P表面に塗布されているフォトリソグラフィに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。

【0125】

上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば投影領域AR1の長辺について2対のノズルで液体LQの供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+X方向、又は-X方向のどちらの方向からも液体LQの供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

【0126】

すなわち、投影光学系PLの光学素子60と基板Pとの間を十分な液体LQで満たし続けることができる各種の形態を採用することができる。また、基板Pの移動方向に応じて液体LQの供給位置や回収位置を必ずしも変更する必要はなく、所定の位置から液体LQの供給及び回収を継続してもよい。

【0127】

なお、上記各実施形態の基板Pとしては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

【0128】

また、上述の実施形態においては、投影光学系PLと基板Pとの間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0129】

露光装置EXとしては、マスクMと基板Pとを同期移動してマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の

他に、マスクMと基板Pとを静止した状態でマスクMのパターンを一括露光し、基板Pを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板P上で少なくとも2つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

【0130】

また、上述の液浸法を適用した露光装置は、投影光学系PLの光学素子60の射出側の光路空間を液体LQで満たして基板Pを露光する構成になっているが、国際公開第2004/019128号に開示されているように、投影光学系の光学素子60入射側の光路空間も液体LQで満たすようにしてもよい。この場合、投影光学系PLが1.0以上の大きな開口数を有していても、光学素子60として無屈折力の平行平板や屈折力の非常に小さいレンズを採用することができる。

【0131】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報等に開示されているように、ウエハ等の被処理基板を別々に載置してXY方向に独立に移動可能な2つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0132】

また、本発明は、特開平11-135400号に開示されているように、ウエハ等の被処理基板を保持して移動可能な露光ステージと、各種の計測部材やセンサを備えた計測ステージとを備えた露光装置にも適用することができる。この場合、上述の各実施形態で説明した複数のセンサ（計測装置）のうちの少なくとも一部を計測ステージに搭載することができる。

【0133】

露光装置EXの種類としては、基板Pに半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスク等を製造するための露光装置等にも広く適用できる。

【0134】

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータ（USP5,623,853またはUSP5,528,118参照）を用いる場合は、それらのステージを定盤に対して浮上させる方式としてエアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらかを用いるのが好ましい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0135】

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

【0136】

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-166475号公報（USP5,528,118）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報（US S/N 08/416,558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

【0137】

本実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光

学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は、温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0138】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図26に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

【図面の簡単な説明】

【0139】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】投影光学系の先端部近傍、液体供給機構、及び液体回収機構を示す概略構成図である。

【図3】投影光学系の投影領域と液体供給機構及び液体回収機構との位置関係を示す平面図である。

【図4】本発明に係る受光器の一実施形態を示す概略構成図である。

【図5】受光器が計測動作を行っている状態を示す模式図である。

【図6】本発明に係る光学部材及び受光器の一実施形態を示す要部拡大図である。

【図7】図6の光学部材の平面図である。

【図8】光学部材の光透過部の一例を示す図である。

【図9】受光器で受光した受光信号の一例を示す図である。

【図10】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図11】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図12】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図13】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図14】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図15】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図16】図15の光学部材の平面図である。

【図17】液浸領域を形成する手順の一例を示す図である。

【図18】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図19】図18の光学部材の平面図である。

【図20】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図21】図20の光学部材の平面図である。

【図22】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図23】基板ステージ上に複数の受光器が配置されている状態を示す平面図である。

【図24】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図25】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

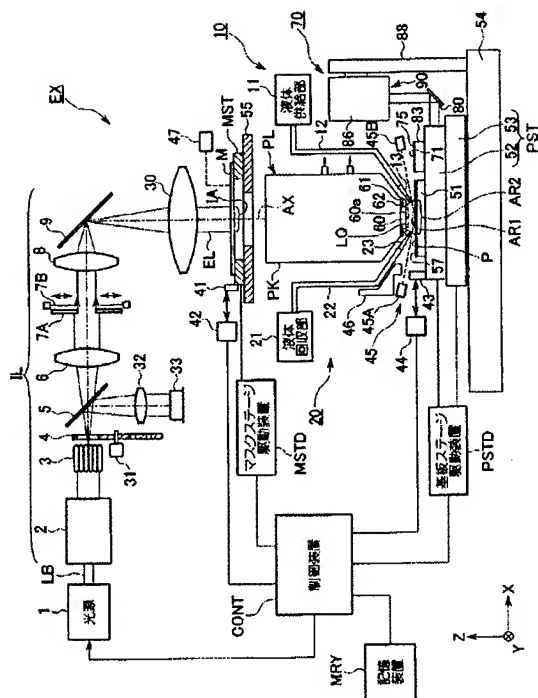
【図26】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

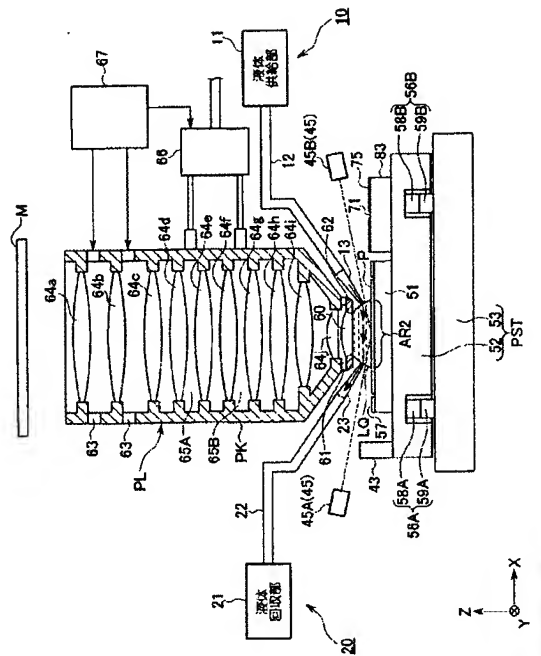
【0140】

1…液体、10…液体供給機構、13…供給ノズル、20…液体回収機構、
23…回収ノズル、70…空間像計測装置、74…ガラス板部材（光学部材）、
75…スリット板（光学部材）、76…光学素子、82…光センサ（受光素子）、

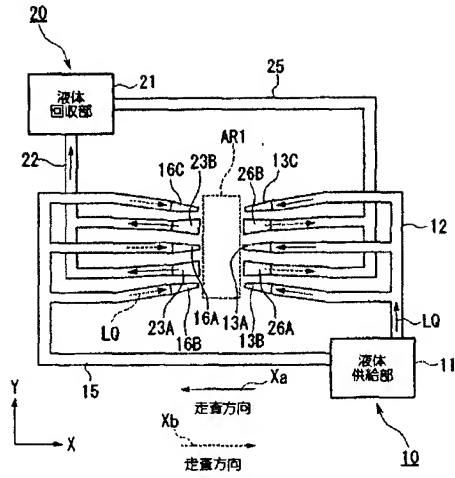
【図1】



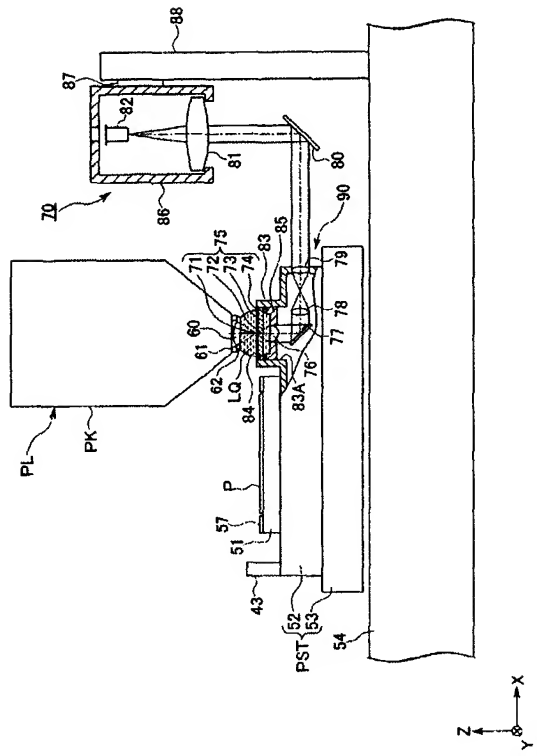
【図2】



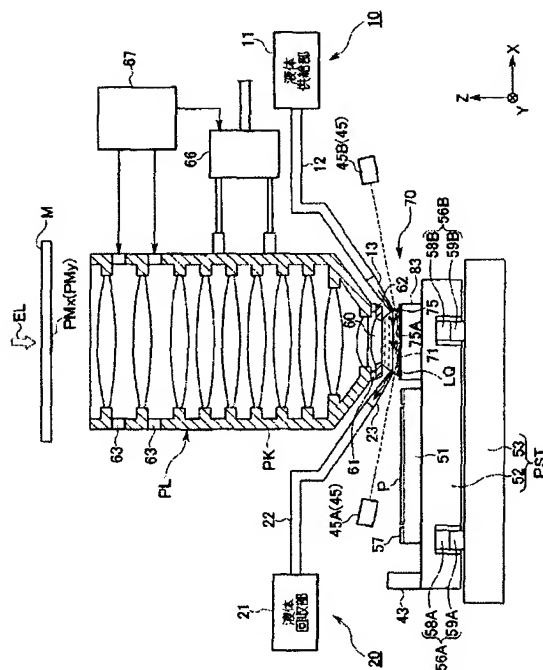
【図3】



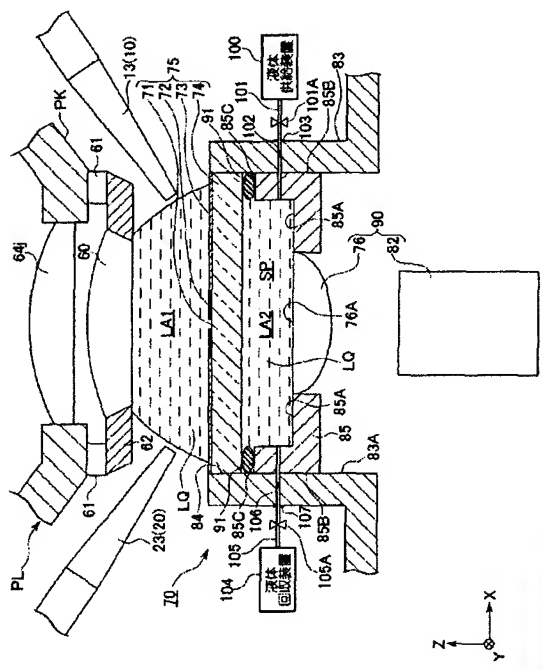
【図4】



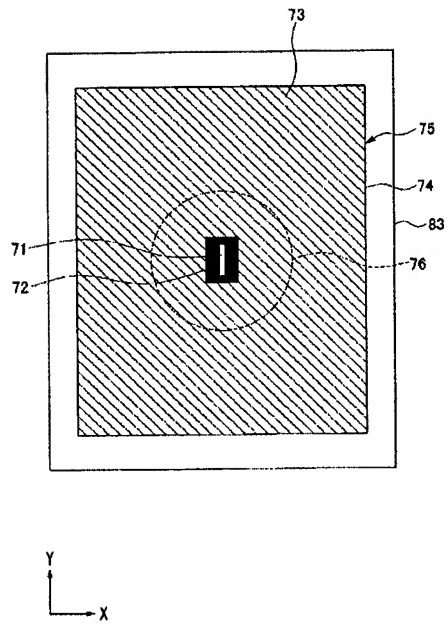
【図5】



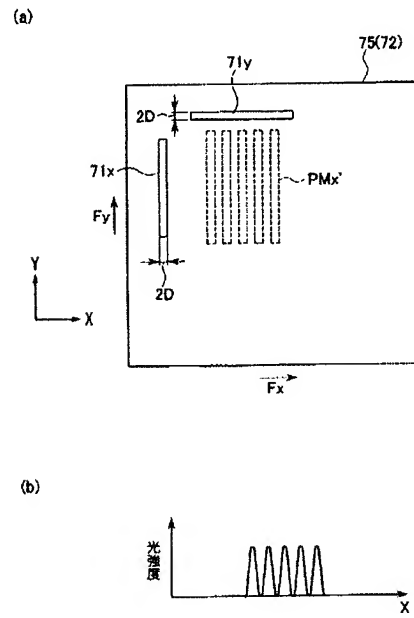
【図6】



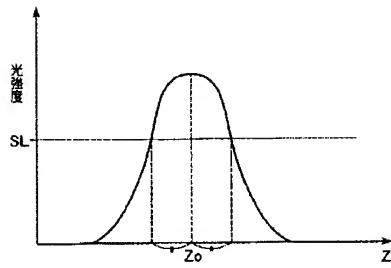
【図7】



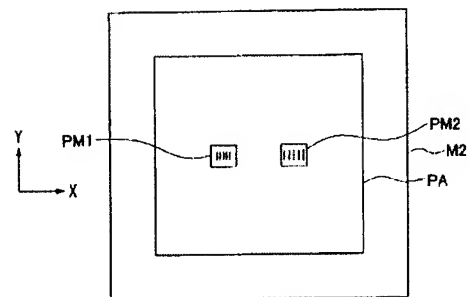
【図8】



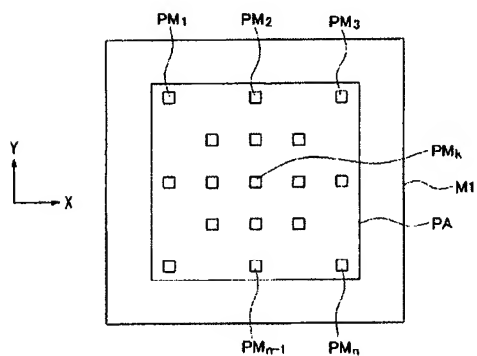
【図9】



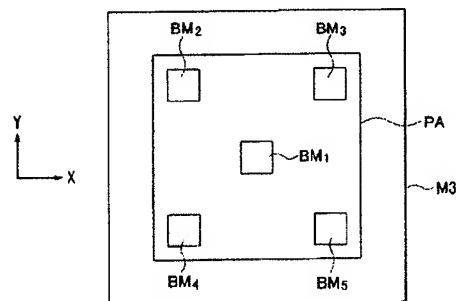
【図11】



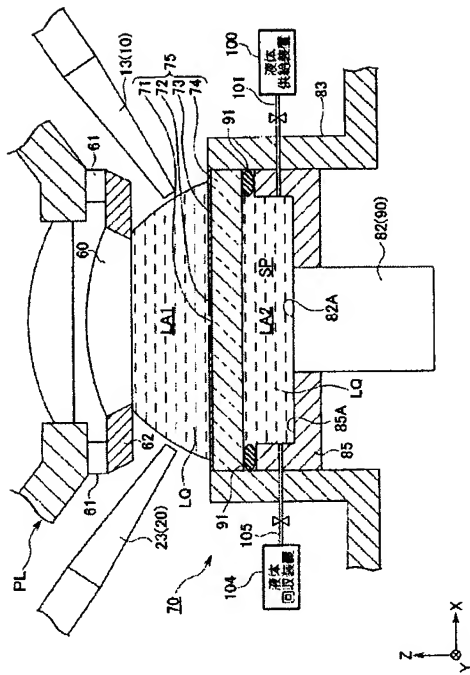
【図10】



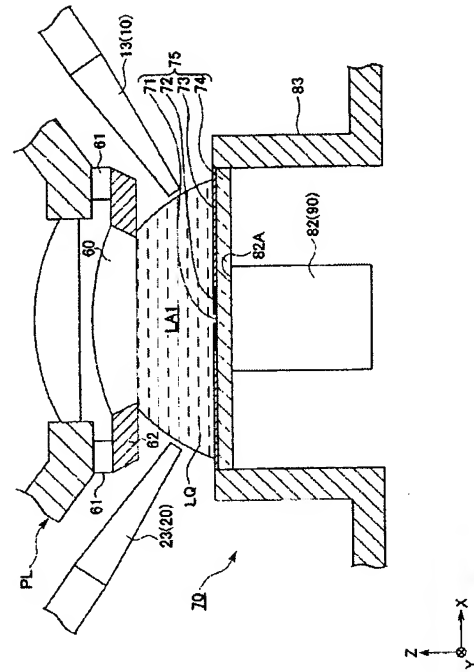
【図12】



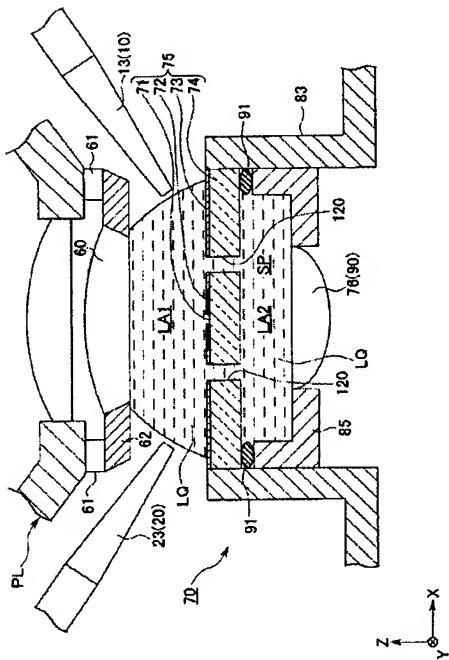
【図13】



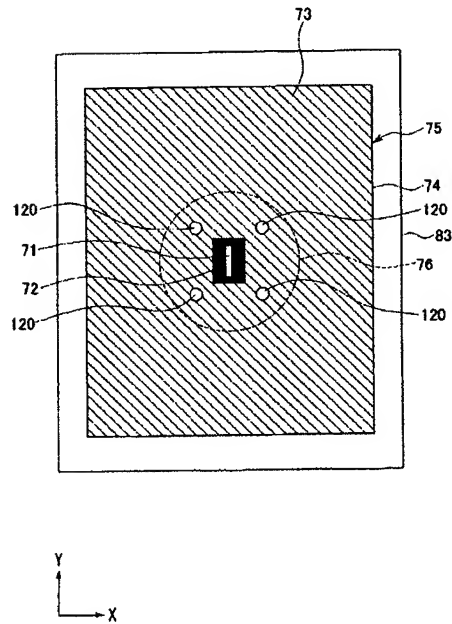
【図14】



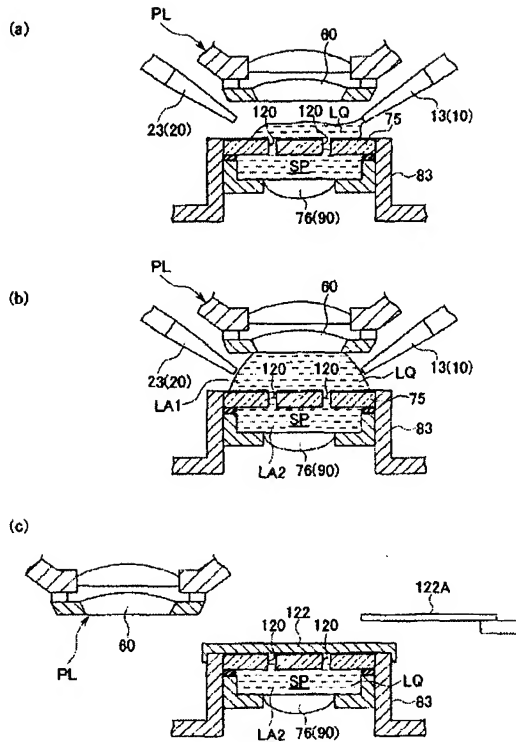
【図15】



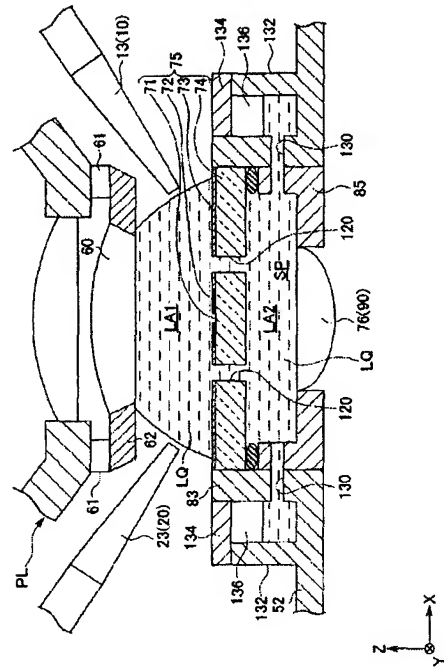
【图16】



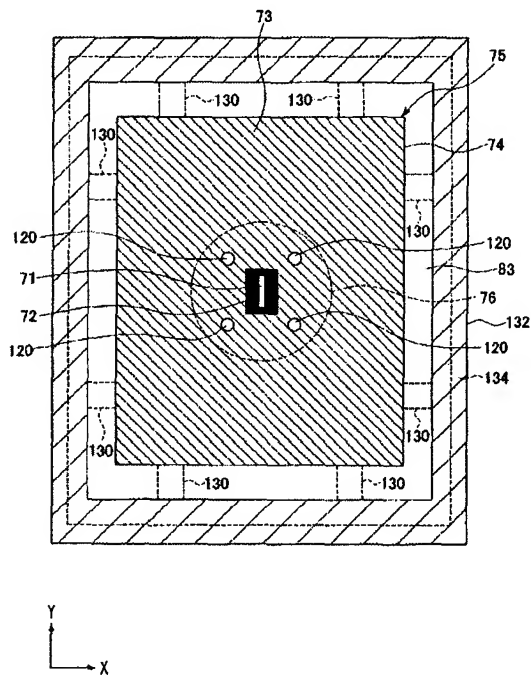
【図17】



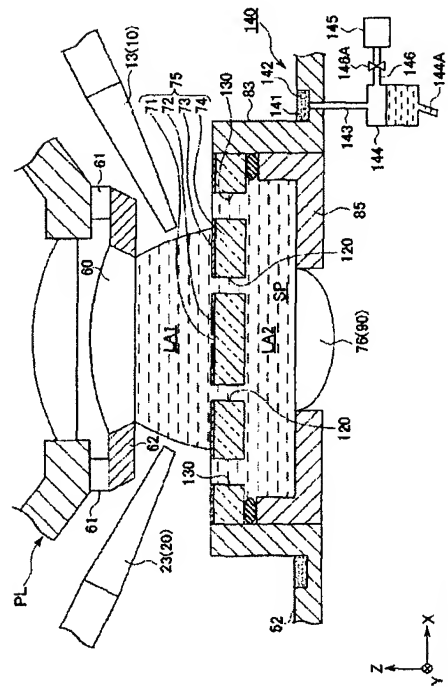
【図18】



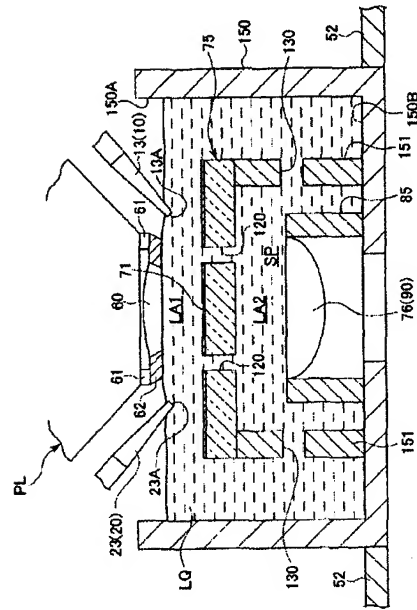
【図19】



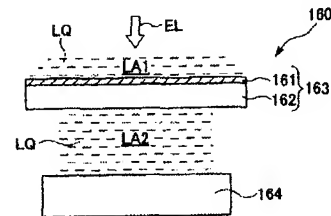
【図20】



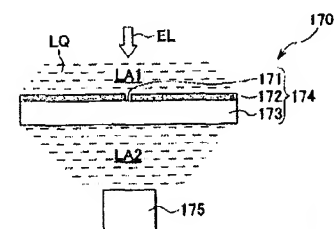
【图22】



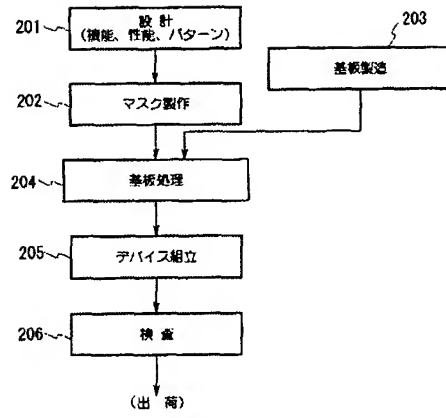
【図24】



【图25】



【図26】



- (72)発明者 中川 正弘
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
- (72)発明者 萩原 恒幸
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
- (72)発明者 江村 望
宮城県名取市田高字原277番地 株式会社仙台ニコン内
- Fターム(参考) 2H097 BA02 BB01 EA01 LA10 LA12
5F046 BA03 CB01 DA07 DB01 DC11